



**Leonardo Filipe
Mendes Lemos**

**IMPLEMENTAÇÃO DO SOFTWARE SAM NA
OTIMIZAÇÃO DA PERFORMANCE DE UMA LINHA
DE MONTAGEM**



**Leonardo Filipe
Mendes Lemos**

IMPLEMENTAÇÃO DO SOFTWARE SAM NA OTIMIZAÇÃO DA PERFORMANCE DE UMA LINHA DE MONTAGEM

Relatório de Projeto apresentado à Universidade de Aveiro para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Engenharia e Gestão Industrial, realizada sob a orientação científica do Doutor João Carlos de Oliveira Matias, Professor Catedrático no Departamento de Economia, Gestão, Engenharia Industrial e Turismo da Universidade de Aveiro e do Doutor Radu Godina, Investigador de Pós-Doutoramento no Departamento de Economia, Gestão, Engenharia Industrial e Turismo da Universidade de Aveiro

Dedico este trabalho aos meus pais por todo o apoio dado ao longo deste percurso.

o júri

presidente

Prof.^a Doutora Ana Raquel Reis Couto Xambre
Professora auxiliar da Universidade de Aveiro

Prof.^a Doutora Susana Maria Palavra Garrido Azevedo
Professora associado com agregação da Universidade da Beira Interior

Prof. Doutor João Carlos de Oliveira Matias
Professor catedrático da Universidade de Aveiro

agradecimentos

Em primeiro lugar quero agradecer à minha família por todo o apoio prestado ao longo do meu percurso académico e em especial aos meus pais por todos os sacrifícios que fizeram.

Ao meu orientador Prof. Doutor João Carlos de Oliveira Matias e ao Doutor Radu Godina por toda ajuda e acompanhamento ao longo do projeto, sendo que foram uma peça fundamental para o desenvolvimento deste relatório.

Ao Eng. José Carlos Raimundo pela forma como me recebeu e integrou no grupo de trabalho e por todo o conhecimento partilhado ao longo do estágio.

A todos os colaboradores da Renault CACIA que contribuíram para este projeto.

Por fim quero agradecer a todos os meus amigos por todos os momentos partilhados, porque sem vocês não seria mesmo. Um agradecimento especial à minha namorada por todo apoio.

palavras-chave

Sistemas de informação, Standard work, Gestão visual, PDCA, Rendimento Operacional.

resumo

O presente relatório descreve o processo de implementação do software SAM, na linha 2 de montagem da bomba de óleo de cilindrada variável na Renault CACIA e a sua posterior utilização, para identificar os postos penalizantes e ajudar no processo de melhoria da performance.

O principal objetivo do projeto para além de ser a implementação do SAM, focou-se no aumento do rendimento operacional da linha de 46% para 85%. Para tal foi necessário definir quais os indicadores a extrair do software e posteriormente criar procedimentos standards de recolha e análise de dados. De forma a expor todos os dados provenientes da análise SAM efetuada, foi fundamental criar um quadro de animação baseado no ciclo PDCA. De maneira a definir um plano de ações para atuar em conformidade com os problemas que ia surgindo, foi necessário criar um grupo de trabalho constituído por elementos de diferentes áreas.

Com o auxílio da informação fornecida pelo software e graças à rigorosa monitorização que foi feita, foi possível aumentar significativamente o rendimento operacional da linha.

keywords

Information systems, Standard work, Visual management, PDCA, Performance.

abstract

This report describes the implementation process of the SAM software in Line 2 of the variable displacement oil pump in Renault CACIA and its subsequent use to identify the penalizing operations and to help in the process of performance improvement.

The main objective of the project, apart from being the implementation of SAM, focused on increasing the line operational efficiency from 46% to 85%. To do this, it was necessary to define the indicators to be extracted from the software and later to establish standard data collection and analysis procedures. In order to expose all the data from the SAM analysis, it was fundamental to create an animation board based on the PDCA cycle. In order to define a plan of actions to act in accordance with the problems that arose, it was necessary to create a working group constituted by elements from different areas.

With the aid of the information provided by the software and due to the rigorous monitoring that was done, it was possible to significantly increase the operational efficiency of the line.

Índice

1. Introdução.....	1
1.1. Contextualização do trabalho e objetivos.....	2
1.2. Metodologia	3
1.3. Estrutura do Relatório	4
2. Caracterização do Desafio/Problema.....	5
2.1. Grupo Renault	5
2.2. Renault CACIA	6
2.2.1. Produtos	8
2.2.2. Estrutura Organizacional	8
2.3. Processo Produtivo Bomba de Óleo de Cilindrada Variável (BOCV)	10
2.3.1. Linha de Montagem da Bomba de Óleo de Cilindrada Variável	11
3. Revisão Bibliográfica	17
3.1. Lean Manufacturing	17
3.1.1. Kaizen.....	20
3.1.2. Standard Work.....	22
3.1.3. Gestão Visual	23
3.2. Ferramentas Tradicionais	24
3.2.1. Ciclo PDCA.....	25
3.2.2. Diagrama de Pareto.....	27
3.2.3. Fluxograma.....	28
3.3. Overall Equipment Effectiveness – OEE	29
3.3.1. Componentes	31
3.3.2. Recolha dos dados	34
3.4. Sistemas e Tecnologias de Informação	35
3.4.1. Classificação dos Sistemas de Informação.....	37
4. Projeto	41
4.1. Estado Inicial	41
4.2. SAM.....	43
4.2.1. Funcionamento do SAM	44
4.2.2. Implementação	47
4.2.3. Parametrização do Calendário.....	49

4.2.4.	Otimização da ferramenta.....	50
4.3.	Extração e análise de dados SAM	51
4.3.1.	Indicadores	52
4.3.2.	Procedimento.....	53
4.4.	Animação SAM	59
4.4.1.	Fases do PDCA	61
4.5.	Análise de resultados.....	64
5.	Conclusão.....	67
5.1.	Considerações Finais	67
5.2.	Trabalhos Futuros.....	68
5.3.	Publicações resultantes deste trabalho.....	69
5.3.1.	Artigos de conferência	69
6.	Referências.....	71
7.	Anexos.....	81

Índice de Figuras

Figura 1: Distribuição das fábricas do Grupo Renault	5
Figura 2: Fábrica da Renault CACIA	7
Figura 3: Produtos fabricados na Renault CACIA	8
Figura 4: Estrutura organizacional da fábrica	9
Figura 5: Divisão dos ateliers	9
Figura 6: Processo produtivo BOCV	10
Figura 7: BOCV Hxx (esquerda), R9M (meio) e M9T (direita)	12
Figura 8: Corpo BOCV Hxx	13
Figura 9: Casa do TPS.....	18
Figura 10: Kaizen umbrella	22
Figura 11: Ciclo PDCA com indicação da área crítica	26
Figura 12: Relação entre as 6 grandes perdas e os fatores OEE	32
Figura 13: Estrutura de um Sistema.....	36
Figura 14: Classificação dos sistemas de informação operacionais e gestão	38
Figura 15: Painel existente na fase inicial do projeto.....	42
Figura 16: Rendimento operacional estado inicial	43
Figura 17: Sinóptico da linha no SAM	45
Figura 18: Gráfico que compara a produção real com a objetivo no SAM.....	45
Figura 19: Programação da calendarização de uma linha.....	50
Figura 20: Fluxograma extração e análise de dados do SAM	54
Figura 21: Gráfico do esquema da OP Penalizante (semana 45).....	55
Figura 22: Gráfico da disponibilidade própria (semana 45)	56
Figura 23: Gráfico das paragens por causas OP 70.1 (semana 45)	57
Figura 24: Gráfico paragens por duração OP70.1 (semana 45)	58
Figura 25: Quadro de animação SAM.....	59
Figura 26: Divisão dos blocos da linha 2 da BOCV	60
Figura 27: Etapa Do (quadro de animação SAM).....	62
Figura 28: Etapa Check (quadro de animação SAM)	63
Figura 29: Evolução mensal do RO na linha 2 da BOCV	64
Figura 30: Distribuição mensal do tipo de bomba produzida	65

Índice de Tabelas

Tabela 1: Operações da linha de montagem da BOCV	14
Tabela 2: 8 formas de desperdício	19
Tabela 3: Perdas de OEE	31
Tabela 4: Esquema de Cores SAM.....	44

Glossário

APW	Alliance Production Way
AT	Atelier
BOCV	Bomba de Óleo de Cilindrada Variável
CM	Componentes Mecânicos
CUET	Chefe de Unidade Elementar de Trabalho
CV	Caixas de Velocidades
DES	Tempo de Espera
DO	Disponibilidade Operacional
DP	Disponibilidade Própria
FOS	Folha de Operação Standard
JIT	Just-In-Time
LUP	Lista Única de Problemas
NAP	Numero de Paragens Próprias
OEE	Overall Equipment Effectiveness
OP	Operação
PB	Peça Branca
PDCA	Plan-Do-Check-Act
PN	Peça Negra
RO	Rendimento Operacional
RSF	Reporting Standart de Fabricação
SAM	<i>Suivi Arrêts Machine</i> (do francês, sistema para melhoramento dos meios)
SAT	Tempo de Saturação
SI	Sistema de Informação
TAP	Tempo de Paragem Própria
TI	Tecnologias da Informação
TIC	Tecnologias da Informação e da Comunicação
TNR	Tempo Não Requerido
TPM	Total Productive Maintenance
TR	Tempo Requerido
UET	Unidade Elementar de Trabalho

1. Introdução

A indústria automóvel encontra-se num ambiente cada vez mais competitivo, enfrentando constantemente novos desafios, levando as empresas a sentirem uma maior necessidade de inovar e desenvolver técnicas, para tornar os seus processos produtivos mais eficientes (Tan, Zhang, & Khodaverdi, 2017).

As mudanças no ambiente de negócios, geradas pelo aumento da concorrência, pelos novos requisitos dos clientes e o surgimento de novas tecnologias, impulsionou as organizações a responder a essas mudanças rápidas e significativas, esforçando-se constantemente para melhorar as suas linhas de produção e reduzir os seus custos operacionais (Seethamraju & Marjanovic, 2009).

É fundamental que as empresas consigam manter um elevado nível de produtividade, de modo a cumprirem os objetivos de produção teóricos pré-estabelecidos, não comprometendo assim os pedidos dos clientes. Existe uma necessidade cada vez maior, de se adotar medidas de melhoria contínua, para se atingir objetivos cada vez mais ambiciosos (Schloßer, Schnitzler, Sentis, & Richenhagen, 2016).

Com a eletrónica a desempenhar um papel cada vez mais importante, devido à necessidade de encontrar soluções sustentáveis e de criar plataformas que permitam partilhar informação entre os vários setores, fez com que as tecnologias de informação e da comunicação (TIC) estivessem cada vez mais presentes no seio das organizações (Ferràs-Hernández, Tarrats-Pons, & Arimany-Serrat, 2017). Por isso, uma forma de potenciar a melhoria contínua é usando determinados tipos de *software*, que nos ajudem na tomada de decisão, fornecendo informação fiável e de fácil interpretação. O *Suivi Arrêts Machine* (SAM, do francês, sistema para melhoramento dos meios) é um *software* Renault utilizado para ajudar na melhoria da performance das linhas de produção. É uma ferramenta de melhoria contínua bastante completa, que fornece inúmeras funcionalidades, possibilitando uma análise detalhada e em tempo real de uma linha de produção. Além disso é um *software* bastante intuitivo e de fácil utilização, que permite recolher facilmente os dados que pretendemos explorar e torna o seu posterior tratamento num processo muito mais simples.

O projeto tem em vista a implementação e exploração do *software* SAM, um mecanismo de controlo e monitorização da eficiência, na linha de montagem da bomba de óleo de cilindrada variável (BOCV), responsável pela produção de 3 tipos de bombas. A utilização desta ferramenta vai ajudar a otimizar a performance da linha, uma vez que vai

permitir analisar quais as operações mais penalizantes, que impedem que o objetivo de performance delineado não seja alcançado. A melhoria destes postos críticos procurará garantir que linha atinja um nível de rendimento operacional superior e que seja capaz de cumprir com a produção desejada. Irá ser desenvolvido um *standard* de recolha e análise de dados fornecidos pelo SAM e posteriormente irá ser criado um quadro de animação baseado no ciclo PDCA de forma a ser feita a exposição desses mesmos dados na linha de montagem. A partir da análise feita e com base nas operações penalizantes identificadas irá ser desenvolvido um plano de ações tendo em vista a eliminar os problemas que põem em causa o rendimento da linha.

1.1. Contextualização do trabalho e objetivos

O projeto apresentado foi desenvolvido na Renault CACIA no departamento de projetos de fábrica, no setor de montagem da bomba de óleo de cilindrada variável.

Apesar de este setor ter duas linhas de montagem o estudo focou-se apenas numa delas, mais concretamente na Linha 2, que é a linha mais automatizada e que foi instalada mais recentemente, sendo por isso aquela que apresentava maior número de avarias e consequentemente o rendimento operacional mais baixo. É uma linha com acordo de fabricação recente, que está numa fase de crescimento, mas tinha vários problemas de fiabilidade associados.

Não havia um domínio dos impactos organizacionais, ou seja, não existia uma perceção clara de como a organização dos operadores poderia estar a influenciar o rendimento da linha, e o sistema de seguimento da performance (RSF – Reporting Standard de Fabricação) não permitia uma análise exaustiva, uma vez que apenas fazia o seguimento da máquina tampão.¹

O estudo focou-se sobretudo na implementação e exploração do *software* SAM com o intuito de aumentar a performance da linha de montagem da bomba de óleo de cilindrada variável e teve como principais objetivos:

- Implementação e parametrização do *software* SAM na linha de montagem da BOCV;

¹ Termo usado para designar o posto gargalo da linha

- Otimização do *software* de modo a que este possa ser utilizado pelos operados e chefes de linha;
- Criação de um standard de recolha/análise de dados fornecidos pelo SAM;
- Elaboração de um quadro de animação SAM;
- Identificação dos postos que põe em causa a performance da linha a partir do SAM;
- Aumento do rendimento operacional de 46% para 85%;

1.2. Metodologia

Um método de pesquisa tem como objetivo orientar um investigador na busca de respostas necessárias ao problema de pesquisa proposto (Dresch, Lacerda, & Miguel, 2015). Neste projeto o método utilizado foi a investigação-ação.

A investigação ação é um método de pesquisa, cuja a conceção e construção deve ocorrer em estreita conexão com a resolução de um problema coletivo, no qual investigadores e participantes, estão envolvidos de uma forma cooperativa e participativa. De uma forma geral, visa abordar um problema de pesquisa no seio de uma organização. Os investigadores utilizam esta metodologia quando estão a lidar com tópicos de pesquisa e desafios organizacionais e não com hipóteses (Dresch et al., 2015).

Esta metodologia de investigação envolve três fases. Primeiro é necessário compreender-se o contexto da pesquisa que irá ser realizada, bem como o propósito da realização do trabalho. A segunda etapa consiste na recolha dos dados, na análise dos mesmos, no planeamento das ações, na implementação dessas mesmas ações e por fim na avaliação dos resultados. A terceira e última etapa resume-se a uma verificação das duas etapas anteriores, para identificar o que foi assimilado com a realização da investigação ação (Dresch et al., 2015).

Relativamente à metodologia, inicialmente foi necessário fazer-se um reconhecimento pormenorizado de todo o processo da linha de montagem. Posteriormente passou-se à fase de recolha de dados essencial para implementação do *software*. A fase seguinte passou por se definir quais os indicadores a extrair do SAM, bem como a forma de análise dos mesmos. Por fim foi necessário criar um quadro de animação junto à linha de montagem, de maneira a expor-se todos os dados resultantes das análises semanais que eram feitas e posteriormente criar os planos de ações em conformidade com os problemas existentes.

1.3. Estrutura do Relatório

O presente capítulo tem uma breve introdução, bem como uma pequena contextualização do projeto, objetivos associados, metodologia utilizada e ainda a estrutura deste relatório. No segundo capítulo é feita uma descrição da empresa na qual o projeto se inseriu, seguindo-se uma abordagem geral do processo produtivo da bomba de óleo de cilindrada variável e por fim é feita uma apresentação da linha de montagem em estudo. No terceiro capítulo é apresentada a revisão bibliográfica onde serão abordadas temáticas que se enquadram no projeto desenvolvido, como é o caso do *Lean Manufacturing*, ferramentas tradicionais, *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) e os sistemas e tecnologias de informação. No quarto capítulo inicialmente é apresentado o estado inicial da linha de montagem em estudo, seguindo-se uma breve apresentação do sistema SAM e todas as etapas desenvolvidas neste projeto. Por fim será apresentada uma conclusão do estudo e a proposta para trabalhos futuros a realizar.

2. Caracterização do Desafio/Problema

2.1. Grupo Renault

Fundada em 1898, a Renault é um grupo internacional multi-marca (Renault, Dacia, Renault Samsung Motores) do setor automóvel especializado na montagem e comercialização de veículos em 127 países. É composto por 38 unidades de produção espalhadas por 17 países (Figura 1) e emprega mais de 117000 colaboradores. A Renault tem uma gama de quase 30 modelos, que vão desde os mais compactos aos familiares, havendo uma aposta cada vez maior nos modelos elétricos.

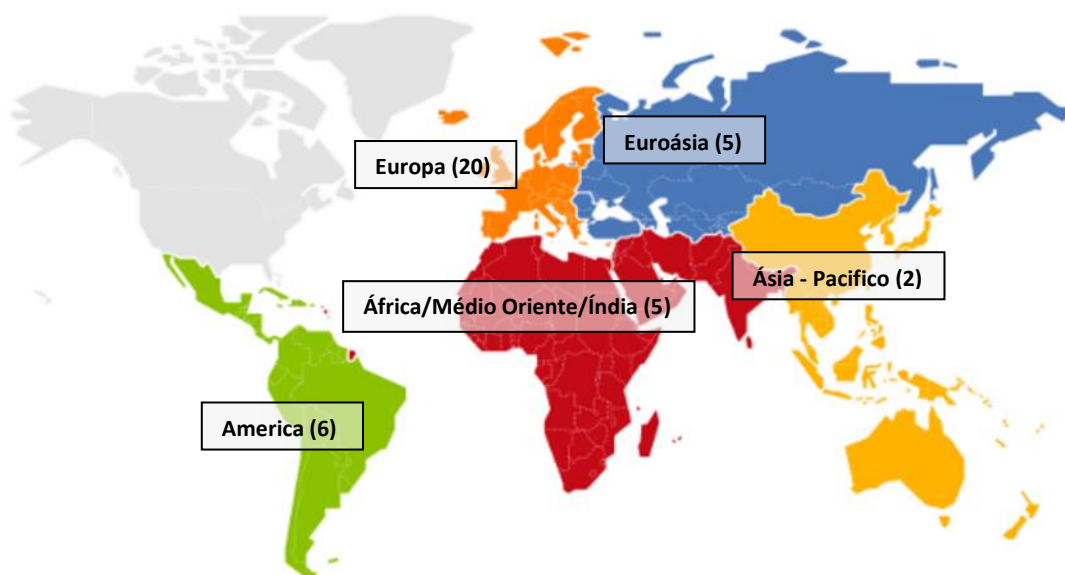


Figura 1: Distribuição das fábricas do Grupo Renault

Qualquer que seja o país, as exigências do Grupo são as mesmas para a performance, qualidade de produção e o respeito pelo princípio do desenvolvimento sustentável, sendo que é dado um grande ênfase à *standartização* que é uma forma de prevenir defeitos e permite alcançar sistematicamente os objetivos de segurança, qualidade, ambiente, custo e prazo.

Com objetivo de ganhar uma dimensão mais global e de forma aumentar a rentabilidade e competitividade da empresa, em 1999 a Renault concebeu uma aliança com o construtor japonês Nissan. A base desta parceria foca-se no respeito das culturas e identidades de cada um dos grupos, sendo por isso considerada uma das mais bem-sucedidas

e sustentáveis ao nível da indústria automóvel. Desta junção resultou a criação do novo sistema de produção (APW - *Alliance Production Way*), que consistiu na convergência dos sistemas de produção das duas companhias. O constante ajuste às expectativas dos clientes e a identificação permanente dos problemas com aplicação de soluções robustas, são duas das principais características desta junção. A missão desta aliança passa por “não aceitar, não produzir, não deixar passar defeito”, uma vez que existe um grande rigor e preocupação com a qualidade de todos os produtos e componentes. Graças a esta aliança, a Renault adquiriu a envergadura e dimensão de um grande construtor automóvel internacional, numa indústria ultra competitiva, o que permitiu acelerar o seu desenvolvimento internacional, realizando anualmente sinergias suplementares ao nível de compras, engenharia, logística, etc, assim como preparando o futuro tornando-se pioneira da mobilidade sustentável acessível a todos com a sua gama de veículos elétricos.

Para fortalecer a sua internacionalização e de maneira a continuar a sua estratégia de crescimento lucrativo, a Renault decidiu adquirir o construtor romeno DACIA (1999), e um ano mais tarde criou uma sociedade sul-coreana com a Renault Samsung Motores (2000). Estabeleceu ainda duas parcerias estratégicas com a AVTOVAZ (Rússia) e a Daimler. Em 2016 adquiriu 34% da Mitsubishi Motors Corporation passando esta também a fazer parte da aliança.

2.2. Renault CACIA

Inserida no polo industrial ibérico da Renault, a CACIA especializada na fabricação de componentes para a indústria automóvel iniciou a sua atividade de produção em 1981. Situada num complexo industrial de 340.000 m² de área total e empregando cerca de 1277 trabalhadores, a CACIA é considerada a segunda maior unidade do distrito de Aveiro. Na Figura 2 é possível observar, toda a planta da unidade industrial.



Figura 2: Fábrica da Renault CACIA

Dentro do grupo esta é considerada uma Fábrica Mecânica (FM) uma vez que faz única e exclusivamente componentes para veículos.

A empresa tem como visão ser a referência nas fábricas mecânicas a nível da aliança pela competitividade dos seus produtos e excelência da sua equipa humana, para assegurar o seu futuro industrial, sendo que uma das suas maiores vantagens competitivas comparativamente as outras fábricas do grupo é a reatividade, uma vez que esta demonstra uma fácil adaptação a desafios. As três grandes prioridades da CACIA são:

- **Segurança:** sendo esta a prioridade número um da fábrica (“Segurança, a nossa prioridade”) que se traduz no dia-a-dia, pelo respeito das regras de segurança dentro das instalações fabris e no posto de trabalho, nomeadamente, pelo uso de equipamento de proteção individual. Há um empenho cada vez maior para criar condições de trabalho mais motivantes e preservar a saúde e a segurança dos trabalhadores.
- **Qualidade:** a fábrica assume o compromisso de garantir o nível de qualidade exigido pelos clientes da aliança, sendo que a política de qualidade baseia-se no “Plano de Excelência Renault” e caracteriza-se pelo respeito dos compromissos de qualidade.
- **Performance:** priorização das ações com maior rentabilidade para a fábrica e não fazer parar os clientes.

2.2.1. Produtos

Sendo considerada uma fábrica mecânica dentro do grupo, a produção da CACIA está dividida em 2 edifícios, ambos especializados na fabricação de componentes para automóveis. Um dos edifícios é dedicado à produção de Componentes Mecânicos (CM), direcionados para o motor dos veículos e outro para a produção e montagem de componentes das Caixas de Velocidades (CV). Na Figura 3 é possível observar todos os componentes produzidos na fábrica.



Figura 3: Produtos fabricados na Renault CACIA

Da vasta gama de produtos fabricados, são de destacar os órgãos considerados estratégicos para a fábrica, sendo eles as caixas de velocidades que representam a maior parte do volume de negócio, as árvores de equilibragem onde o seu fabrico é feito exclusivamente em CACIA e as bombas de óleo que representam 80% da produção do grupo.

Todos os produtos destinam-se às fábricas de carroçaria-montagem de veículos e às fábricas mecânicas situadas em Espanha, Turquia, Inglaterra (Nissan), Roménia, Rússia, Índia, Tailândia, Marrocos, Irão, Brasil e África do Sul.

2.2.2. Estrutura Organizacional

A Renault CACIA é constituída por onze departamentos, sendo que cada um deles tem um chefe responsável pelo funcionamento do mesmo. A partir do esquema da Figura 4 é possível visualizar, todos os departamentos existentes na fábrica.



Figura 4: Estrutura organizacional da fábrica

Os departamentos encontram-se organizados em Unidades Elementares de Trabalho (UET). A fábrica está dividida em 46 UET Fabricação, 21 UET Suporte e 20 UET Funções Terciárias. As UET de fabricação são aquelas que estão diretamente ligadas à parte da maquinação e montagem. As UET de suporte dão apoio à maquinação e montagem como é o caso do Progresso Contínuo, Manutenção. Por fim as UET terciárias são aquelas que têm funções ao nível administrativo. Cada uma das UET têm um chefe sendo que este é denominado de Chefe de Unidade Elementar de Trabalho (CUET). Como os departamentos de fabricação, são constituídos por um grande número de UET estas encontram-se, divididos em seis Ateliers (Figura 5), quatro deles pertencentes à fabricação das caixas de velocidades e os outros dois pertencentes à fabricação dos componentes mecânicos.

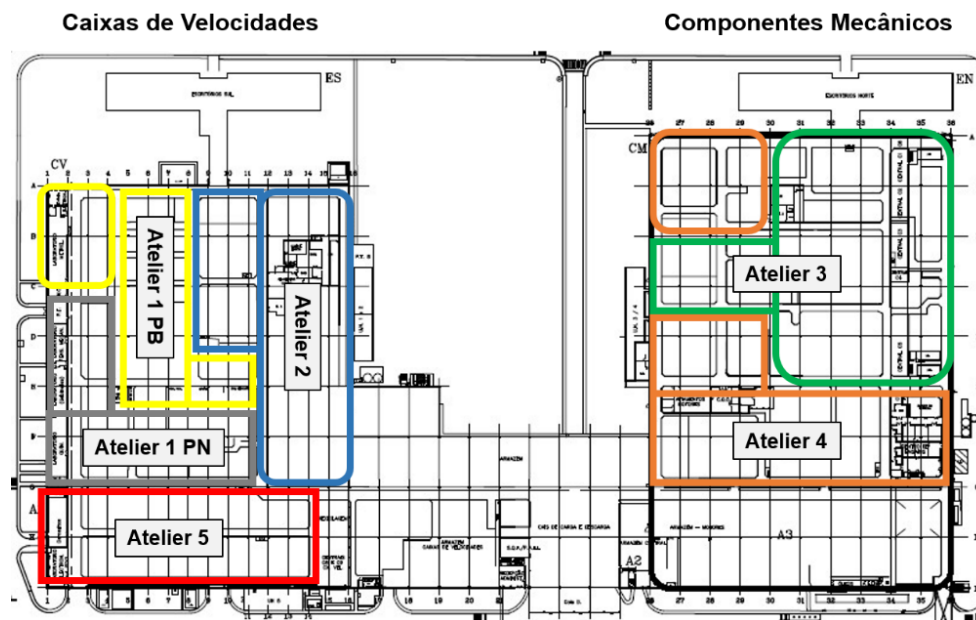


Figura 5: Divisão dos ateliers

2.3. Processo Produtivo Bomba de Óleo de Cilindrada Variável (BOCV)

De modo a perceber como funciona a dinâmica do processo produtivo da bomba de óleo de cilindrada variável, desde que a peça chega em bruto até ao momento em que esta é expedida para o cliente, apresenta-se uma breve descrição de todas as etapas do processo (Figura 6).

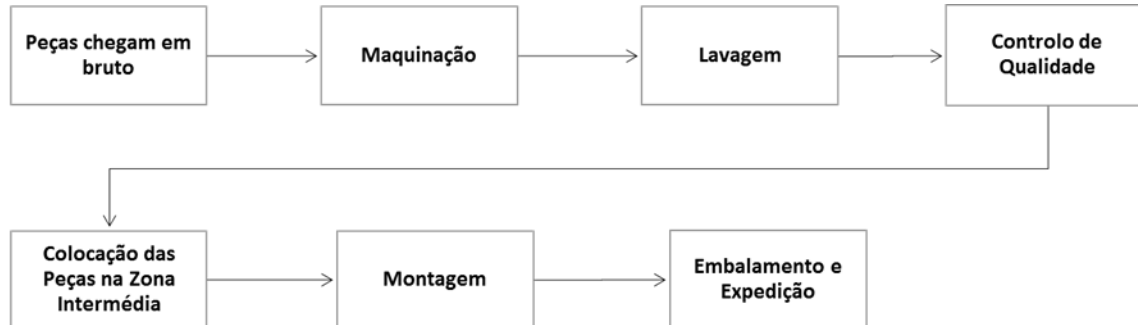


Figura 6: Processo produtivo BOCV

1. **Peças chegam em bruto:** o corpo da bomba e a tampa chegam em bruto provenientes das fundições prontas para serem maquinadas.
2. **Maquinação:** esta etapa é efetuada em centros de maquinaria onde são efetuadas várias operações, como é o caso da fresagem, furação e roscagem. No fim de linha existe um controlo de bordo de linha.
3. **Lavagem:** as peças vão para uma máquina de lavar para retirar todas as impurezas (ex: óleo de corte, limalhas) resultantes da maquinaria.
4. **Controlo de qualidade:** é feito um controlo visual por parte do operador, que verifica se todos os furos estão conforme as especificações, se a bomba não sofreu qualquer tipo de choque e se todas as faces estão polidas. Caso a bomba não esteja conforme, é colocada numa caixa para posteriormente ser analisada pelo Serviço de Qualidade de Fornecedores.
5. **Colocação das peças na Zona Intermédia:** após o controlo de qualidade as bombas conformes são colocadas em caixas consoante o tipo de bomba (caixas com diferentes cores) e são transportadas para uma zona denominada “Zona Intermédia”, para posteriormente serem transportadas para a zona de montagem.

- 6. Montagem:** a montagem dos componentes no corpo da bomba de óleo é feita por operadores ou robots na linha de montagem. No fim da linha existe um banco de ensaios onde são feitos os testes de estanqueidade e movimento do anel de controlo a partir de pressões de ar. É ainda verificada o binário da rotação do eixo.
- 7. Embalamento e Expedição:** as bombas de óleo são colocadas em caixas e são expedidas para outras fábricas do grupo para serem acopladas ao motor.

2.3.1. Linha de Montagem da Bomba de Óleo de Cilindrada Variável

É no edifício dos Componentes Mecânicos mais concretamente no AT3, que estão situadas as duas linhas de montagem da bomba de óleo de cilindrada variável: Linha 1 e Linha 2. É para esta zona que convergem os corpos e as tampas provenientes da lavagem, de modo a proceder-se à montagem das bombas. Aqui, são montados três tipos de bombas de óleo: Hxx, R9M e M9T, representadas na Figura 7.

Antes destas duas linhas existirem já eram produzidas na fábrica quatro tipos de bombas de óleo (K, F, M e G), mas neste caso de débito fixo. Esta nova gama de bombas surgiu no contexto de trazer mais competitividade à fábrica, dado que estas são a nova aposta do mercado. A diferença entre os dois tipos de bomba, foca-se sobretudo no nível de óleo que é debitado quando o motor está a trabalhar. No caso da BOCV, essa descarga de óleo é feita consoante o trabalho de motor e o estado térmico do mesmo. Para além de trazer vantagens a nível ambiental com a redução das emissões de CO₂, a bomba de óleo de cilindrada variável também vai ajudar o carro a ter menores consumos, quer a nível de combustível, quer a nível da potência do motor.

Relativamente aos três tipos de bombas, estas têm pequenas diferenças entre si, tendo influência nas operações de montagem, devido ao acrescento ou não de pequenas peças. O modelo Hxx diferencia-se da R9M e da M9T, numa válvula denominada “válvula ON/OFF”, que permite dar mais ou menos débito consoante a necessidade do motor. As bombas de óleo R9M e M9T apesar de serem muito semelhantes, têm uma diferença na cota de altura de uma delas, no caso da M9T esta cota é mais alta, permitindo assim um maior nível de débito de óleo. As três bombas são enviadas para as outras fábricas do grupo situadas em França, Espanha e Roménia para serem integrada ao motor.



Figura 7: BOCV Hxx (esquerda), R9M (meio) e M9T (direita)

O processo de montagem da bomba Hxx começa com o operador de montagem a ir buscar o carro dos corpos Hxx maquinados (após operação (OP) 130 de lavagem) para o posto da OP 15 onde se faz a impressão e colagem da etiqueta de código de barras (OP 05) que confere a garantia do processo com leitura (zipagem) em cada posto, onde a máquina só arranca após boa leitura do código. De seguida é efetuada a carga manual do corpo no posto e a colocação das peças. Após a montagem da válvula de descarga e prensagem do filtro, o operador coloca o corpo num transportador e o corpo segue para OP 25/OP 35.

Na OP 25/35, existem 3 posições:

1. Robô retira o corpo do transportador e coloca-o no posto 25;
2. Alimentação automática e prensagem dos casquilhos;
3. Alimentação manual das peças e prensagem da válvula de regulação;

De seguida, o operador coloca o pinhão monobloco na paleta do transportador e faz a descarga manual do corpo. Posteriormente introduz a Válvula On/Off no corpo e posiciona-o na paleta do transportador para seguimento da OP 45.

O corpo segue na paleta, em automático no transportador, até ao posto para montagem do anel de controlo da OP 45, onde a alimentação das peças é manual. De seguida, após montagem, é feita a descarga do corpo + paleta, automática por transportador, para seguimento da OP 70.1 de montagem do grupo rotor.

Antes da OP 70.1 existe um posto separado denominado OP 60, onde um robô coloca 1 rotor e 1 eixo longo na zona de prensagem. A prensa da OP 60 realiza a prensagem de 1 eixo e 1 rotor enquanto o robot faz a descarga de 1 grupo rotor (rotor + eixo) para a zona de introdução de palhetas (OP 70.1). Após a introdução das palhetas no rotor este é colocado no corpo da bomba para ser prensada uma anilha. De seguida vem a OP 70.2 onde é feita a prensagem do pinhão de acionamento já colocado na OP 35. Depois é prensada a anilha

superior na OP 70.3, na OP 70.4 é aparafusada a válvula ON/OFF e por fim é feito um controle de visão automático através de uma câmara que verifica se todas as peças foram colocadas.

O corpo segue na palete até ao posto de montagem da tampa, onde o robô deteta o tipo de bomba que está a ser montada na linha e efetua a carga da tampa para a OP 90.1. Neste mesmo posto são postos 2 parafusos de modo a fixar a tampa ao corpo. Posteriormente a bomba segue para as operações 90.2/90.3, dois postos em paralelo, onde é feito o aperto da tampa ao corpo com a colocação de 5 parafusos.

Após a montagem dos componentes e aparafusamento da tampa ao corpo, a bomba de óleo é retirada e colocada pelo operador no banco de ensaios (OP145) onde é feito os testes de estanqueidade e de rotação do pinhão. Posteriormente é realizada a marcação Datamatrix unitária na OP 165 onde ficam registados os dados de montagem de cada bomba. Finalmente, a bomba é aprovisionada na embalagem de produto acabado e colocada na estante para transferência das embalagens para a base rolante. Na Figura 8 é possível observar a grande maioria dos componentes colocados no corpo a bomba Hxx.

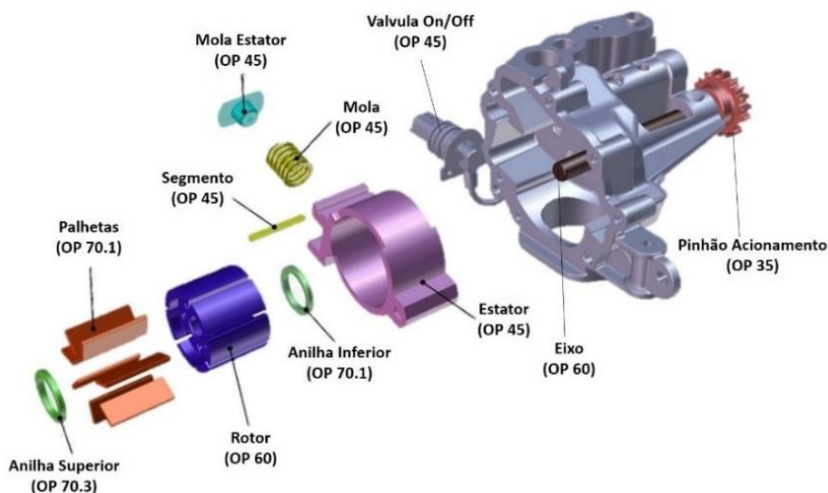


Figura 8: Corpo BOCV Hxx

O processo de montagem das bombas M9T e R9M é muito semelhante ao da Hxx, sendo que apenas se diferencia nos seguintes pontos:

- A OP 15 não é realizada.

- Antes da OP 45 não é introduzida a válvula On/Off no corpo da bomba.
- Na OP 40 é realizada a prensagem automática do filtro com a válvula de regulação M9T/R9M.
- Na OP 70, não é realizada a OP 70.4.

Na tabela 1 está descrito de uma forma resumida todas as operações que são feitas em cada tipo de bomba.

Tabela 1: Operações da linha de montagem da BOCV

Operação	Descrição		
	Hxx	R9M	M9T
OP 05	Impressão + Colagem da etiqueta	Impressão + Colagem da etiqueta	Impressão + Colagem da etiqueta
OP 15	Montagem válvula de descarga e filtro		
OP 25/35	Montagem dos casquilhos + Válvula de Regulação	Montagem dos casquilhos + Válvula de Regulação	Montagem dos casquilhos + Válvula de Regulação
OP 40		Montagem do Filtro + Válvula de Regulação	Montagem do Filtro + Válvula de Regulação
OP 45	Montagem do anel de controlo	Montagem do anel de controlo	Montagem do anel de controlo
OP 60	Montagem do rotor no eixo longo	Montagem do rotor no eixo longo	Montagem do rotor no eixo longo
OP 70.1	Montagem Grupo Rotor (Palhetas + Anilha)	Montagem Grupo Rotor (Palhetas + Anilha)	Montagem Grupo Rotor (Palhetas + Anilha)
OP 70.2	Prensagem do Pinhão de Acionamento	Prensagem do Pinhão de Acionamento	Prensagem do Pinhão de Acionamento
OP 70.3	Colocação da anilha superior	Colocação da anilha superior	Colocação da anilha superior
OP 70.4	Aparafusamento da válvula on/off		
OP 70.5	Controlo de Visão	Controlo de Visão	Controlo de Visão
OP 90.1	Colocação da tampa + aparafusamento da tampa ao corpo	Colocação da tampa + aparafusamento da tampa ao corpo	Colocação da tampa + aparafusamento da tampa ao corpo
OP 90.2 / 90.3	Aperto da tampa com o aparafusamento de 5 parafusos	Aperto da tampa com o aparafusamento de 5 parafusos	Aperto da tampa com o aparafusamento de 5 parafusos

OP 145	Banco de Ensaaios	Banco de Ensaaios	Banco de Ensaaios
OP 165	Marcação Datamatrix	Marcação Datamatrix	Marcação Datamatrix
OP 170	Embalamento e etiquetagem	Embalamento e etiquetagem	Embalamento e etiquetagem

3. Revisão Bibliográfica

No presente capítulo é apresentada uma pesquisa bibliográfica que serviu como base para fundamentar todas as metodologias e processos utilizados no decorrer do projeto. Inicialmente, é descrito o conceito Lean Manufacturing, seguindo-se posteriormente a metodologia Kaizen, o standard work e a gestão visual, ambos aliados à filosofia Lean. Em segundo lugar é feita uma descrição das ferramentas utilizadas no decorrer do projeto, como é o caso do ciclo PDCA, o fluxograma e o diagrama de pareto. Por fim é realizada uma abordagem ao *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) e ainda aos sistemas e tecnologias de informação.

3.1. Lean Manufacturing

O *Toyota Production System* (TPS) foi desenvolvido por Taiichi Ohno em 1950 e foi aplicado à empresa Toyota, sendo considerado um dos principais fatores de sucesso da companhia (Lai, Tsai, Wei, Li, & Lu, 2015). Após a segunda guerra mundial, os fabricantes japoneses foram confrontados com uma grande escassez de material, dinheiro e recursos humanos. Essas condições resultaram no nascimento de uma nova metodologia de produção denominada Toyota Production System (TPS), que assentava na capacidade de produzir com o mínimo de atividades, suprimindo aquelas que não traziam qualquer valor acrescentado (Arpit Jayswal, Chauhan, & Sen, 2017).

Este novo sistema de produção, desenvolvido por Taiichi Ohno, adaptou-se então a uma nova realidade: clientes que exigiam produtos inovadores, num curto espaço de tempo, com a máxima qualidade e a um preço inferior. Para tal foi preciso reduzir lead times, sendo necessário adotar dois conceitos. O primeiro é o de parar as máquinas mal se note uma anomalia no funcionamento das mesmas, de maneira a evitar que continue a haver produção defeituosa. O segundo conceito é o de diminuir *stocks* e programar a produção, não em função das previsões de venda, mas sim em função do que o cliente efetivamente quer (Khanna & Shankar, 2008).

O foco principal do TPS é a eficiência e a melhoria da produtividade, com base no respeito pelas pessoas, na manutenção de equipamentos de controlo de qualidade e na filosofia de produção *Just in Time* (JIT) (Marshall, 2015). Esta metodologia é geralmente apresentada como uma casa para demonstrar que o sistema só funciona se todos os

elementos operarem em conjunto (Figura 9). A casa é sustentada por dois pilares o *Just-In-Time* (JIT) e o *Jidoka*. O JIT concentra-se no fluxo de material, no sistema de produção e no nível de stock. O objetivo é manter o nível de stock no mínimo, produzindo no tempo certo e na quantidade certa, removendo todo o stock desnecessário. O cenário ideal seria não ter qualquer tipo de stock, no entanto, devido à variabilidade da procura é necessário existir um stock de segurança. Esta abordagem ajuda a evitar o desperdício de produção excessiva. O outro pilar, o *Jidoka* consiste em garantir que um produto seja produzido com qualidade, evitando a produção de qualquer tipo de defeito. Este controlo de qualidade é feito através de determinados tipos de sistemas como é o caso do *Poka-Yoke*, um sistema à prova de erros elaborado para evitar a ocorrência de defeitos nos processos de produção e na utilização de produtos (Das, Venkatadri, & Pandey, 2014).

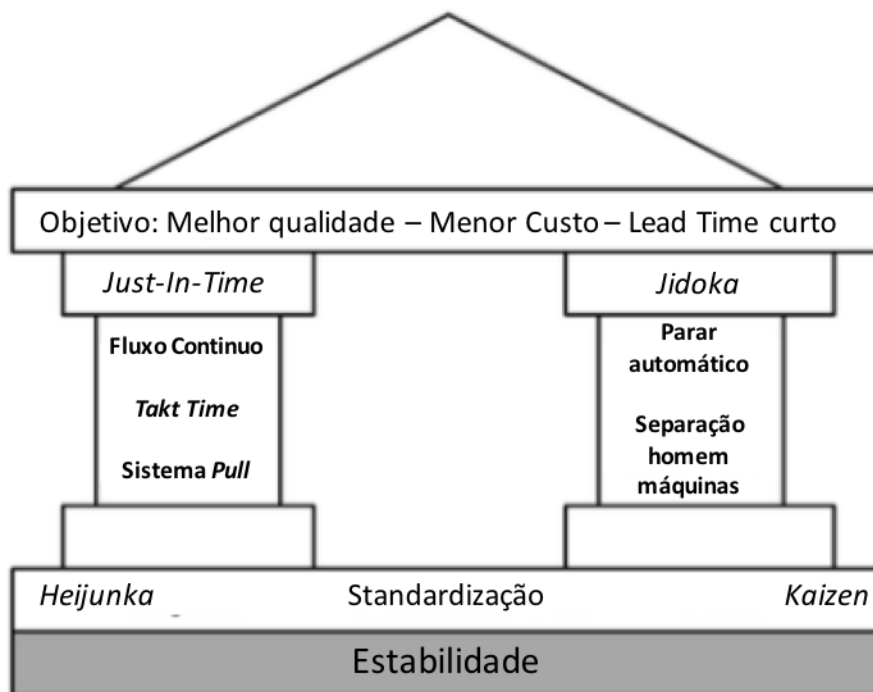


Figura 9: Casa do TPS (adaptado de Simboli, Taddeo, & Morgante, 2014)

Outra parte importante da casa TPS é o *Kaizen*, que significa melhoria contínua. Este fomenta o trabalho de equipa de maneira a que as pessoas envolvam esforços em busca dessa melhoria. As pessoas são motivadas a partilhar as suas ideias, de forma a conseguirem encontrar formas de melhoria sistematicamente (Das et al., 2014).

Após uma revisão feita ao sistema TPS, surgiu o termo *Lean Manufacturing* que foi introduzido em 1988 (Majava & Ojanperä, 2017). Esta metodologia baseia-se na eliminação de desperdícios e processos que não acrescentam valor, de maneira a produzir produtos de alta qualidade, no tempo certo, evitando qualquer tipo de desperdício (D'Antonio, Bedolla, & Chiabert, 2017). O *Lean Manufacturing* está intimamente relacionado com a produção JIT e com o TPS. Essa relação pode ser descrita da seguinte forma: o *Lean* é uma filosofia de gestão que se dedica a agregar valor, eliminando os desperdícios dos processos e atendendo às necessidades dos clientes, o *Just-In-Time* visa a melhorar as atividades logísticas e eliminar problemas de produção e por fim o *Toyota Production System* é uma filosofia que enfatiza a melhoria contínua, o envolvimento de todos os funcionários e os métodos de trabalho *standard* (Majava & Ojanperä, 2017).

A identificação e a eliminação de desperdícios (*muda* em japonês) é fundamental para a filosofia *Lean Manufacturing*, uma vez que os desperdícios só agregam custos e não trazem valor para o cliente (Alefari, Salonitis, & Xu, 2017)(Majava & Ojanperä, 2017). Normalmente esses desperdícios estão dividido em 7 categorias (Rahman, Sharif, & Esa, 2013), mas de acordo com Miller, Pawloski e Standridge (2010) podemos encontrar 8 tipos representados na Tabela 2.

Tabela 2: 8 formas de desperdício (adaptado de Miller et al., 2010)

Forma	Descrição
Produção excessiva	Produzir mais do que é necessário
Recursos Humanos	Não envolver as pessoas deixando assim de usar as suas ideias
Transportes	Mover material/ferramentas para o ponto de descarga
Stock	Refere-se ao excesso de material (matéria-prima, semi-acabados e/ou produtos acabados) dentro ou fora da fábrica por um determinado tempo.
Movimento	Movimentos das pessoas (caminhadas), bem como movimentos menores
Defeitos	Quando são produzidos produtos defeituosos, que só são detetados mais tarde
Sobre processamento	Trabalho adicional acima das necessidades
Espera	Atrasos no envio de material, pessoas ou informação

O *Lean Manufacturing* é diferente do conceito de produção tradicional, uma vez que este último, foca-se no stock do sistema. Por sua vez o *Lean* opõe-se a este conceito e considera o stock como um desperdício na organização. É fundamental que as organizações consigam perceber esta diferença, pois só assim é que a implementação desta prática será bem-sucedida (Gupta & Jain, 2013). Através do *Lean*, a produção pode ser alcançada usando menos esforço humano, menos espaço, menos recursos financeiros e menos material para produzir o mesmo produto. Pesquisas recentes mostram que o *Lean Manufacturing* está associado ao rendimento operacional, melhorando as medidas de produtividade (Chan & Tay, 2016).

Atualmente o termo *Lean* não se restringe só à indústria automóvel. O elevado número de casos de sucesso relativos à implementação deste novo tipo de gestão em indústrias do ramo automóvel, fez com que este conceito possa ser encontrado em quase todo o lado (Crute, Ward, Brown, & Graves, 2003).

3.1.1. Kaizen

Kaizen é uma palavra japonesa que se tornou comum em muitas empresas ocidentais (Macpherson, Lockhart, Kavan, & Iaquinto, 2015). Este conceito foi implementado no Japão após a segunda guerra mundial, numa altura em que o país enfrentava uma grave crise económica e tentava reconstruir várias fábricas e repensar os seus sistemas de gestão (Proši, 2011). A metodologia Kaizen começou a ser aceite como um conceito chave de gestão a partir de 1986 com a publicação do livro “*The Key to Japan’s Competitive Success*”, escrito por Masaaki Imai, um dos grandes impulsionadores desta filosofia. (Singh & Singh, 2009).

É uma palavra que envolve dois conceitos Kai (mudança) e Zen (para melhor) (Palmer, 2001). De acordo com Imai (1986) (citado em Gupta & Jain, 2014) a palavra traduz-se numa constante procura de oportunidades de melhoria, em que para uma empresa ter sucesso é necessário que todos os colaboradores de todos os níveis organizacionais estejam envolvidos no processo. É um termo amplamente aplicado no círculo da qualidade e no setor da produção. O Kaizen está relacionado com o processo de melhoria contínua e a ideia é fazer com que um determinado processo nunca tenha fim, de modo a que este se torne constantemente melhor (Gupta & Jain, 2014).

Segundo Radović (2017) as características básicas do Kaizen que levaram ao sucesso da sua implementação no mundo empresarial são:

- Continuidade: a implementação deste conceito não se foca apenas num objetivo estático, em vez disso, implica uma revisão constante aos objetivos estabelecidos e a criação de novas metas.
- Natureza incremental: as melhorias são feitas através de pequenas mudanças, contrastando com outras formas de melhoria, reorganização e inovação, que são representadas por mudanças rápidas e significativas. O Kaizen requer um menor investimento estando por isso implicado um menor risco de haver falhas.
- Abordagem participativa: o principal objetivo do Kaizen é envolver as ideias de todos os níveis de uma organização. Isso vai trazer mais confiança e motivação a todos os funcionários independentemente do nível hierárquico. Para além disso vai permitir uma melhor troca de informação e geração de ideias (Paul Brunet & New, 2003). O sucesso desta filosofia deve-se sobretudo ao trabalho de equipa, é fundamental que haja uma comunicação direta entre todos os níveis da hierarquia, pois só assim é que a implementação será bem-sucedida (Oropesa Vento, García Alcaraz, Maldonado Macías, & Martínez Loya, 2016)

Aliado ao sucesso de uma boa implementação estão relacionados vários benefícios como por exemplo a redução de custos, a melhoria da qualidade dos produtos, aumento da produtividade, maior satisfação dos clientes, etc. Estas vantagens vão trazer os seguintes resultados (Proši, 2011):

- Redução de resíduos nas áreas de inventário, tempos de espera, transporte, movimentações dos trabalhadores, etc.
- Melhoria na utilização do espaço, na capacidade de produção e na retenção de funcionários.
- Resultados imediatos em vez de se concentrar em grandes melhorias que necessitam de maior investimento de capital. O poder real do Kaizen está no processo contínuo de fazer pequenas melhorias que melhoram os processos gerais e reduzem o desperdício.

É uma filosofia que engloba muitos componentes que foram vistos como parte do sucesso das empresas japonesas. Sistemas de qualidade, automação, sistema de sugestões,

entregas just-in-time, kanban e 5S são alguns dos exemplos que estão incluídos no conceito Kaizen. Imai (1986) afirma que o Kaizen é um conceito guarda-chuva, representado na Figura 10, que abrange a maior parte das práticas “exclusivamente japonesas” que alcançaram a fama mundial.



Figura 10: Kaizen umbrella (adaptado de Radović, 2017)

O fundamento da metodologia Kaizen é a melhoria contínua, por isso, o recurso ao ciclo PDCA (ou ciclo Deming) torna-se preponderante, uma vez que esta metodologia apresenta uma sequência simples, que funciona como um guia para irmos ao encontro da melhoria contínua.

3.1.2. Standard Work

Antes de partir para qualquer prática de melhoria contínua é necessário criar standards de forma a estabilizar um determinado processo. Um standard funciona como uma linha base a partir do qual todas as atividades de melhoria participam no processo de melhoria contínua (Pereira et al., 2016).

A padronização é definida como uma atividade de estabelecer, comunicar, seguir e melhorar *standards*. O *standard work* consiste num conjunto de procedimentos de trabalho, onde estão estabelecidos os métodos e sequências a realizar, para cada processo e para cada

trabalhador. Como todos os métodos de produção Lean, o *standard work* visa a minimizar o desperdício, ao mesmo tempo que maximiza o desempenho de cada trabalhador. É uma ferramenta muito utilizada na produção *pull* de forma a manter o ritmo de produção alinhado com o fluxo de encomendas dos clientes e ainda de maneira a que os operadores possam facilmente mudar de posição durante o processo (Pereira et al., 2016).

O *standard work* envolve três princípios chave:

- **Takt time:** consiste no ritmo de produção ou abastecimento necessários para satisfazer a procura. O *takt time* não é medido nem observado, mas sim calculado através do quociente entre o tempo operacional e o número de peças pedidas pelo cliente. É um tempo que está dependente da procura, sendo que quando esta aumenta vai provocar uma diminuição do *takt time* (Frandsen & Tommelein, 2014)(Pereira et al., 2016).
- **Sequência de trabalho *standard*:** é a ordem pela qual um conjunto de tarefas deve ser realizada num determinado processo. Representa o caminho mais seguro e o melhor para o fazer. Cada trabalhador executa essas tarefas de uma forma repetida e consistente ao longo do tempo, tornando-a mais eficiente e revelando oportunidades adicionais de melhoria (Pereira et al., 2016)
- ***Standard work-in-process inventory:*** fornece a quantidade mínima de inventário, para manter o ritmo de produção num fluxo contínuo sem haver tempos de inatividade (Pereira et al., 2016).

O *standard work* fornece uma base para se atingir níveis consistentes de produtividade, qualidade e segurança porque é o culminar do processo de produção Lean. Se este for bem aplicado poderá trazer vários benefícios como por exemplo: a definição de um ponto de referência a partir do qual é possível melhorar o controlo do processo e a redução da variabilidade, a melhoria da qualidade, maior flexibilidade, mais estabilidade e uma maior visibilidade das anomalias (Pereira et al., 2016).

3.1.3. Gestão Visual

Os dispositivos visuais são utilizados em ambientes de produção, com o intuito de partilhar informação e reduzir possíveis erros e perdas nos processos e operações. De

acordo com Koskela (citado em Souza, Souza, Migowski, & Duarte, 2013), esses dispositivos visuais são uma das formas mais conhecidas e simples, de comunicar e partilhar informação entre diferentes processos e pessoas de uma forma clara. O grupo de dispositivos visuais concebidos para partilhar informação formam um sistema visual (Souza et al., 2013).

Os sistemas de gestão visual fazem parte de um dos princípios do sistema de produção Toyota. O *Lean Manufacturing* utiliza sistemas de gestão visual nos processos, para influenciar o comportamento humano, apresentar regras e medidas visualmente, controlar stocks, melhorar a segurança, organizar espaços, apresentar as metas e estratégias organizacionais, reduzir os deslocamentos e para gerir recursos humanos (Tezel, Koskela, & Tzortzopoulos, 2009).

A gestão visual pode ser definida como um sistema de gestão, que procura melhorar a performance de uma organização, através de estímulos visuais (Steenkamp, Hagedorn-Hansen, & Oosthuizen, 2017). A gestão da informação deve ser feita de uma forma estratégica, para que todos os envolvidos no processo, possam fazer o uso de conhecimento preciso, de uma maneira estruturada e no momento exato (Souza et al., 2013).

Entre as principais vantagens oferecidas pela gestão visual, destaca-se a melhoria da exposição da informação necessária e a facilidade de assimilação dessa informação no ambiente de trabalho. A gestão visual ajuda a tornar os processos mais organizados, limpos e mais fáceis de controlar e melhorar (Souza et al., 2013).

3.2. Ferramentas Tradicionais

Nos anos 50, o Japão começou a aplicar certos instrumentos estatísticos para medir e controlar a qualidade, sendo que estes foram considerados a base do sucesso para ressurgimento industrial do país após a segunda guerra mundial. (Magar & Shinde, 2014)(Blaga & Boer, 2012).

Estas ferramentas consistem em técnicas gráficas que ajudam no processo de compreensão dos processos de trabalho nas organizações (Blaga & Boer, 2012). São ferramentas usadas amplamente no ramo da produção para monitorizar o processo geral e promover a melhora continua. Têm como objetivo descobrir a causa raiz do problema e eliminá-la, conseguindo assim melhorar o processo de produção (Magar & Shinde, 2014).

É muito importante saber como, quando e quais as ferramentas que devemos utilizar nos processos de resolução de problemas ou de melhoria. Atualmente existem mais de uma centena de ferramentas diferentes, no entanto existem 7 ferramentas que são consideradas as bases das outras todas, sendo denominadas de “7 ferramentas básicas da qualidade”, que são (Magar & Shinde, 2014):

- Fluxograma
- Diagrama de Pareto
- Histogramas
- Cartas de controlo
- Diagrama de causa-efeito
- Folhas de verificação
- Gráficos de dispersão

Estas foram enfatizadas pela primeira vez por Ishikawa na década de 60. São ferramentas de melhoria simples, mas eficazes e são amplamente utilizados como métodos gráficos de resolução de problemas. Estas podem ser usadas na identificação de processos e/ou na análise dos mesmos. O ciclo PDCA que é considerado uma ferramenta de melhoria continua, também depende muito destas 7 ferramentas, uma vez que estas são fundamentais para identificar (diagrama causa-efeito, diagrama de pareto...) e analisar (folhas de verificação, cartas de controlo,...) o problema que se está tratar com o PDCA (Sokovi, Jovanovi, Krivokapi, & Vujovi, 2009).

3.2.1. Ciclo PDCA

O ciclo PDCA também conhecido por ciclo de Deming, foi desenvolvido por Walter Shewhart (Ren, Ling, Wei, & Fan, 2015) e foi aplicado por Edwards Deming que encorajou os japoneses em 1950 adotar este método, de modo a que estes melhorassem a qualidade das suas organizações. É uma ferramenta muito importante para se atingir a melhoria continua e é especialmente utilizada na indústria automóvel, para gerir projetos de melhoria, especialmente aqueles que estão associados à produção (Lodgaard & Aasland, 2011)

O ciclo descreve uma sistemática e continua aproximação à resolução de problemas e retrata uma sequência muito simples de etapas que servem de guia para a melhoria contínua.

O ciclo PDCA foi projetado para ser um modelo dinâmico e contínuo. Normalmente é preciso passarmos por várias iterações dentro do mesmo ciclo, dado que por vezes os resultados que desejamos não são atingidos à primeira (Lodgaard & Aasland, 2011). Este ciclo é repetido continuamente até que a perfeição seja alcançada.

Coordenar a melhoria contínua com a utilização do ciclo PDCA envolve 4 fases representadas na figura 11:

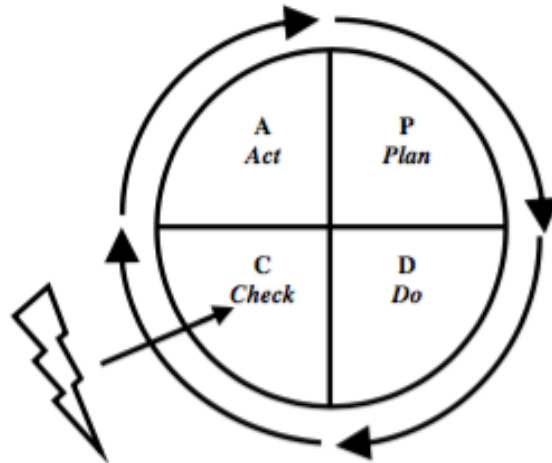


Figura 11: Ciclo PDCA com indicação da área crítica (Jagusiak-kocik, 2017)

- Planear (*Plan*): esta fase consiste não só em planear o que vamos fazer mas também identificar e analisar o problema, bem como estabelecer objetivos de performance e métodos para os atingir (Lodgaard & Aasland, 2011). Tipicamente as equipas de melhoria contínua gastam a maior parte do tempo e esforços nesta fase (Reid, Koljonen, & Bruce Buell, 1999).
- Fazer (*Do*): nesta fase todos os pontos definidos são implementados de acordo com o plano elaborado na primeira fase. Poderão haver várias causas para o problema e consequentemente o plano de melhoria vai conter itens que no final acabam por não afetar o problema observado (Lodgaard & Aasland, 2011).
- Verificar (*Check*): esta etapa é crucial no ciclo PDCA, pois os dados recolhidos na fase “Do” são analisados de maneira avaliar os efeitos das implementações. Caso o problema tenha sido completamente resolvido podemos passar à próxima fase, por outro lado se as ações implementadas só tenham tido um

sucesso parcial é então necessário rever as fases anteriores (Lodgaard & Aasland, 2011).

- Agir (*Act*): caso se comprove a eficácia das medidas utilizadas é necessário criar um padrão, de maneira a manter as boas práticas utilizadas. É importante observar a situação atual e definir novos objetivos, de modo a incorporar o que foi aprendido para se atingir novas melhorias (Lodgaard & Aasland, 2011).

A utilização do ciclo PDCA, como um método de melhoria continua, pode ser uma ferramenta muito valiosa, para que as empresas consigam atingir os seus objetivos (Morgan & Liker, 2006).

3.2.2. Diagrama de Pareto

O diagrama de pareto é um gráfico de barras verticais, usado para ilustrar a frequência relativa de certos tipos de eventos. Este foi desenvolvido por um economista italiano Vilfredo Pareto, quando estudava a distribuição de riqueza no século XIX no seu país. Com auxílio do gráfico, Vilfredo Pareto chegou à conclusão que a riqueza não estava a ser distribuída de uma maneira correta, porque dos 80% apenas 20% estavam nas mãos da população (Magar & Shinde, 2014).

Assim esta ferramenta foi aplicada à indústria com o intuito de promover a melhoria de qualidade. O diagrama de pareto organiza os itens de acordo com a magnitude da sua contribuição, identificando aqueles que têm maior influência (Magar & Shinde, 2014). São extremamente úteis porque permitem evidenciar os fatores que têm maior efeito num sistema, possibilitando mais esforços de melhoria (ações preventivas e corretivas) nesses elementos, excluindo assim aqueles que são menos significativos (Dhingra, 2016).

O princípio de pareto também conhecido por curva de experiência ABC ou regra dos 80/20 indica que 80% dos problemas são motivados por 20% das causas, ou seja, são poucas as causas que dão origem aos problemas (Magar & Shinde, 2014).

De acordo com Magar e Shinde (2014) para se construir este tipo de diagrama é necessário seguir os seguintes passos:

1. Identificar o objetivo do nosso estudo, fazer a recolha dos dados e posteriormente calcular a contribuição de cada item individualmente.

2. Organizar os elementos em ordem decrescente de acordo com a sua contribuição.
3. Criar uma tabela com a contribuição de cada um dos itens em número absoluto, percentagem relativa e percentagem acumulada.
4. Desenhar os eixos X e Y. No eixo das abcissas são colocados os vários elementos. Relativamente ao eixo das ordenadas, no caso dos diagramas de pareto existem dois, o da esquerda que representam o número absoluto de contribuição e o da direita onde é colocada a percentagem de contribuição.
5. Desenhar as barras que representam o número de contribuição de cada item.
6. Desenhar os pontos tendo em conta a percentagem acumulada associada a cada item
7. Ligar os pontos entre eles.
8. Fazer a interpretação do gráfico

3.2.3. Fluxograma

Um fluxograma é definido como uma representação gráfica formalizada, de uma sequência lógica de um processo de trabalho ou de produção. É uma das ferramentas de mapeamento de processos que é usada para entender um processo usando diferentes símbolos para representar atividades e pontos de decisão dentro do fluxo (Aguilar-Savén, 2004).

O principal benefício do uso de fluxogramas é a sua flexibilidade. Um processo pode ser descrito de várias maneiras a partir da combinação de diferentes símbolos. Para além disso quando se olha para uma representação de fluxograma é fácil interpretar os processos que são descritos. É uma ferramenta simples de usar e que permite desenhar um esboço de um processo de forma rápida (Aguilar-Savén, 2004).

Visualizar um processo a partir de um fluxograma permite rapidamente identificar gargalos ou ineficiências onde o processo pode ser simplificado ou aprimorado. A utilização deste tipo de ferramenta é mais adequada quando estamos a lidar com processos que precisam de um alto nível de detalhe. Pelo contrário se pretendemos dar uma visão geral de um determinado processo a utilização do fluxograma não é a escolha mais adequada (Aguilar-Savén, 2004).

3.3. Overall Equipment Effectiveness – OEE

A complexidade que se vive atualmente no mundo industrial, fez com que as empresas estivessem sempre à procura de melhorias para aumentar a sua produtividade. Este problema levou a que estas sentissem a necessidade de arranjar um sistema de avaliação de desempenho completamente voltado para o processo de produção (Kashif Mahmood, Tauno Otto, Eduard Shevtshenko, & Tatjana Karaulova, 2016). É fundamental que as organizações conseguissem arranjar indicadores, que lhes permitam avaliar a sua produtividade e perceber quais as operações que geram maior desperdício, utilizando isso como ponto de partida para melhoria continua (Huang et al., 2002).

Existem inúmeras métricas que podem ser utilizadas para medir a performance dos equipamentos de produção, o problema é que uma grande parte destes sistemas de medição do desempenho incluem muitas medidas diferentes, tornando assim difícil a tarefa de analisar e compreender os indicadores. Neste sentido uma das medidas mais utilizadas pelas organizações é o *Overall Equipment Effectiveness*, dado que este permite medir a performance a partir de várias perspetivas (Kashif Mahmood et al., 2016).

O OEE é uma ferramenta de melhoria de produtividade que foi desenvolvida por Seiichi Nakajima na década de 1969, e serve para identificar a eficiência com que as máquinas estão a ser utilizadas (Lahri & Pathak, 2015). É uma métrica utilizada para maximizar a eficácia dos equipamentos, reduzindo o tempo de inatividade dos mesmos. Para além disso é também usado para ajudar a reduzir os custos das operações de produção (Ng, Chong, & Goh, 2014). A partir desta ferramenta é possível analisar de uma maneira eficaz a eficiência de uma única máquina ou então um sistema de produção na sua íntegra (Kumar Gupta & Garg, 2012).

De acordo com Nakajima (citado em Dal, Tugwell, & Greatbanks, 2000), o OEE pode ser aplicado em diferentes níveis dentro de um ambiente de fabricação. Numa primeira fase, pode ser usado como *benchmark* para medir o desempenho inicial de uma fábrica na sua totalidade. Desta forma a medição inicial poderá ser comparada com os valores futuros do OEE, permitindo assim a quantificação das melhorias feitas. Numa segunda fase, o valor calculado para uma determinada linha de produção, pode ser usado para comparar com as restantes linhas existentes na fábrica, permitindo assim perceber quais é que têm o pior desempenho. Por fim, é possível identificar quais os postos que funcionam como gargalo e que estão a prejudicar o OEE, permitindo assim focalizar a metodologia TPM nos mesmos.

Jonsoon e Lesshammar (1999) afirmam que é fundamental ter se uma percepção de quais os distúrbios que podem ocorrer nos processos produtivos. Nesse sentido de acordo com Ljungberg (citado em Jonsson & Lesshammar, 1999), os distúrbios podem estar divididos em duas categorias, crônicos e esporádicos, dependendo da frequência com que eles ocorrem. Os distúrbios crônicos geralmente são os mais complicados de eliminar, porque são o resultado de várias causas em simultâneo. Já os esporádicos caracterizam-se por provocar efeitos significativos relativamente ao estado normal de uma determinada linha/equipamento, conduzindo assim a inúmeros problemas. Estes distúrbios resultam em diferentes tipos de perdas no processo de fabricação e podem ser definidos como atividades que absorvem recursos, mas que não criam valor. O objetivo do OEE é identificar essas perdas (Jonsson & Lesshammar, 1999).

Tanto os distúrbios crônicos como esporádicos podem ser categorizados em 6 grandes perdas definidas por Nakajima (Dal et al., 2000):

1. Falha/Avaria do equipamento: são categorizados como perdas de tempo quando a produtividade é reduzida devido à indisponibilidade de um determinado equipamento
2. *Setups* e afinações: geralmente associadas a mudanças de produção.
3. Pequenas Paragens: quando a produção é interrompida por um mau funcionamento temporário. Estas perdas geram paragens e arranques constantes.
4. Redução da velocidade relativamente ao definido: referem-se à diferença entre a velocidade de produção definida (teórica) e a velocidade de operação real.
5. Defeitos de qualidade e retrabalho: perdas na qualidade do produto causadas por mau funcionamento do equipamento de produção.
6. Perdas no arranque: são perdas que ocorrem durante o início de produção, desde o arranque da máquina até à estabilização.

De forma a se ter uma melhor percepção destas 6 grandes perdas Zhu (2011), apresenta uma tabela (Tabela 3) com as razões que se podem associar a cada uma das perdas bem como as suas consequências.

Tabela 3: Perdas de OEE (adaptado de Zhu, 2011)

Perdas	Razões	Consequências
Falha/Avaria do equipamento	<ul style="list-style-type: none"> - Avaria mecânica ou elétrica - Quebras de equipamento - Paragens não planeadas para manutenção 	Redução na taxa de disponibilidade do equipamento
Setups e afinações	<ul style="list-style-type: none"> - Mudança de Produto - Mudança de ferramenta - Paragens para limpeza 	Redução na taxa de disponibilidade do equipamento
Pequenas paragens	<ul style="list-style-type: none"> - Falha na alimentação dos materiais - Paragens para limpeza - Verificação/Regulação de parâmetros 	Redução na taxa de eficiência do equipamento
Redução de velocidade relativamente ao definido	<ul style="list-style-type: none"> - Funcionamento abaixo da velocidade especificada - Funcionamento irregular 	Redução na taxa de eficiência do equipamento
Defeitos de qualidade e retrabalho	<ul style="list-style-type: none"> - Retrabalho do produto - Sucata - Falta de componentes 	Redução na qualidade do produto
Perdas no arranque	<ul style="list-style-type: none"> - Produtos fora do específico - Sucata - Retrabalho do Produto 	Redução na qualidade do produto

3.3.1. Componentes

Os três fatores que constituem o OEE, disponibilidade, performance e qualidade, permitem identificar quais as fraquezas de um sistema produtivo, indicando os pontos que necessitam de mais atenção. Por isso é fundamental analisar não só os valores do OEE, mas também os valores individuais dos índices que o constituem (Tsarouhas, 2007). O OEE

consiste basicamente na estratificação das seis grandes perdas, sendo este uma função de disponibilidade, performance e qualidade representada na equação 1 (Jonsson & Lesshammar, 1999).

$$OEE (\%) = Disponibilidade (\%) \times Performance \times Qualidade (\%) \quad (1)$$

Com esta fórmula conseguimos então perceber que as três componentes do indicador são a disponibilidade, a performance e a qualidade, sendo perceptível a relação existente entre elas e as perdas definidas por Nakajima (Figura 12)

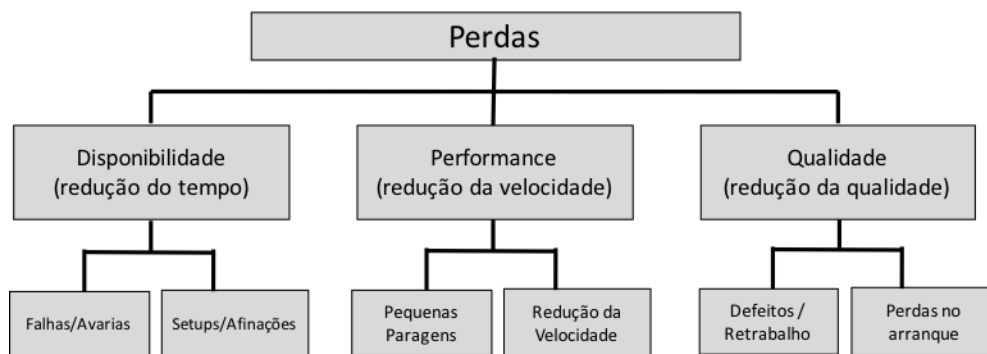


Figura 12: Relação entre as 6 grandes perdas e os fatores OEE (Kashif Mahmood et al., 2016)

A disponibilidade mede o tempo total que um sistema não está a trabalhar devido a avarias, ajustes e outras paragens, ou seja, é o total das perdas resultantes de paragens não planeadas. É mais concretamente o rácio entre o tempo de operação real e o planeado (ver Equação 2) (Jonsson & Lesshammar, 1999). Um fator importante no elemento disponibilidade é o *loading time*. Este pode ser definido como o tempo de produção, depois de deduzidas as paragens planeadas. O *loading time* geralmente inclui as seguintes atividades (Dal et al., 2000):

- Manutenção planeada;
- Operadores em formação;
- Manutenção autónoma;
- Atividades de melhoria do processo e ensaio de equipamentos;
- Pausas planeadas (refeições, ...);
- Tempo de espera para a finalização de encomendas em curso;

$$Disponibilidade = \frac{\text{Tempo de operação real}}{\text{Tempo de operação planeado}} \times 100\% \quad (2)$$

A performance avalia a proximidade entre a produção real e a produção objetivo. Esta medição pode ser feita de duas maneiras. Nakajima (1988) define uma quantidade fixa de saída e a performance é avaliada a partir do desvio, relativamente ao tempo ideal (ver Equação 3). Por sua vez Groote (1995) fixa um determinado período de tempo e calcula o desvio na produção relativamente ao planeado (ver Equação 4). Ambos os métodos medem a quantidade real de produção, mas de maneira diferentes (Jonsson & Lesshammar, 1999).

$$Performance = \frac{\text{Tempo de ciclo} \times \text{Produção de saída}}{\text{Tempo de abertura efetivo}} \times 100\% \quad (3)$$

$$Performance = \frac{\text{Produção de saída real}}{\text{Produção de saída planeada}} \times 100\% \quad (4)$$

O terceiro e último elemento do cálculo do OEE é a taxa de qualidade, usada para indicar a proporção de peças defeituosas no volume total de produção (ver Equação 5). Nas peças defeituosas estão incluídas as peças retrabalhadas e sucata (Ratapol Wudhikarn, 2013).

$$Qualidade = \frac{N^{\circ} \text{ de peças produzidas} - N^{\circ} \text{ de peças defeituosas}}{N^{\circ} \text{ de peças produzidas}} \times 100\% \quad (5)$$

A partir destes três elementos, torna-se fácil calcular o indicador OEE como o produto dos três fatores represento na Equação 1.

Ainda que qualquer organização deva ter o objetivo de elevar todos os dias os valores do seu OEE, muitos autores apresentam valores denominados de classe mundial. Apesar de não haver uniformidade entre eles, Nakajima (1988) sugere que os valores ideais para os três componentes do OEE são (Dal et al., 2000):

- Disponibilidade superior a 90%
- Performance superior a 95%
- Qualidade superior a 99%

Estes níveis de disponibilidade, performance e qualidade vão resultar num OEE de aproximadamente 85%. Após realizar um estudo, Ljungberg (1998) chegou à conclusão que uma grande parte das empresas trabalha com um índice de disponibilidade a rondar os 80%, significativamente abaixo dos 90% sugeridos por Nakajima (1988). Relativamente ao índice de performance o valor médio apurado foi de 70%, muito abaixo do valor sugerido por Nakajima (1988), sendo que apenas uma empresa conseguiu atingir a taxa dos 95%. Quanto ao índice de qualidade, a média de valores apurada foi de 99%, o que corresponde ao valor objetivo designado por Nakajima (1988).

Dado que a realidade das empresas difere muito dependendo do ambiente industrial, torna-se difícil estipular um objetivo unânime para o valor do OEE (Dal et al., 2000).

3.3.2. Recolha dos dados

O OEE é uma ferramenta que mede o desempenho dos equipamentos de produção, é portanto, necessário que haja uma monitorização diária do mesmo. Para além disso é importante haver comparações com o histórico das medidas passadas para haver uma perceção clara de como esta a progredir o OEE, de forma a certificar-nos que o sistema está a funcionar bem, a nível da disponibilidade, performance e qualidade (Pintelon & Muchiri, 2008). Desta forma é essencial que haja um bom processo de recolha de dados, uma vez que o sucesso de uma estratégia de gestão de produção, está dependente dos indicadores fornecidos. A qualidade da recolha de dados vai determinar a precisão do OEE (Jeong & Phillips, 2001).

Essa recolha de dados pode ser feita de uma forma automática ou manual, no entanto, Ljungberg afirma (1998), que o recurso a métodos manuais está associado a uma maior falta de rigor. O sucesso de um bom sistema de recolha de dados passa por escolher métodos que envolvam pouco tempo para a inserção de códigos. Os sistemas de recolha de automática, apesar de envolverem um investimento avultado, têm inúmeros benefícios associados (Ljungberg, 1998). De forma a rentabilizar esse investimento rapidamente, é essencial definir

uma metodologia que esteja relacionada com a definição, para o qual o sistema de recolha de dados foi criado (Jeong & Phillips, 2001).

Outro problema que está associada aos métodos de recolha manual é a quantidade de códigos que são criados. É necessário ter especial atenção ao número de códigos que são utilizados para registar as paragens. A utilização de diversas tipologias de códigos, vai aumentar o risco de os operadores atribuírem de uma forma errada, a justificação de uma determinada paragem. O número de categorias a definir deve ser feito com bom senso e sempre tendo em conta os objetivos de gestão. Esta é uma etapa muito importante, pois é a partir daqui que a empresa vai interpretar as perdas existentes no seu sistema de produção (Bamber, Castka, Sharp, & Motara, 2003).

A utilização de um sistema de recolha automática é muito mais vantajosa, não só pelo rigor da informação disponibilizada por estes, mas também porque permitem registar eventos de curta duração (pequenas paragens) que também tem influência no desempenho de um sistema, algo que é impossível através de um registo manual.

3.4. Sistemas e Tecnologias de Informação

Um dos grandes desafios associado ao estudo dos sistemas de informação (SI) prende-se com o facto de existirem várias definições para o termo SI. Estas diferenças devem-se sobretudo ao facto das pessoas estudarem os sistemas de informação a partir de diferentes perspetivas (Paul, 2007).

O conceito de sistema de informação é definido por O'Brien (1999b), como uma combinação organizada de pessoas, *hardware*, *software* e recursos que colaboram na recolha, no processamento e disseminação de informação numa organização. Laudon e Laudon (2013), descrevem os SI como um conjunto de componentes inter-relacionados que recolhem, processam e partilham informação para apoiar a tomada de decisão e controlar uma organização. Afirmam ainda que os sistemas de informação podem ajudar os trabalhadores analisar problemas e a criar novos produtos. Na perspetiva de Kroenke (citado em Alter, 2008), os sistemas de informação são um grupo de componentes (*software*, *hardware*, dados, procedimentos e pessoas) que interagem entre si com o intuito de produzir informação. Segundo Gray (citado em Alter, 2008), os SI representam uma recolha automática ou manual de pessoas, máquinas e/ou métodos para reunir, armazenar, processar, transmitir e

disseminar dados. A partir das definições apresentadas, é possível constatar que um SI tem uma componente técnica, do qual faz parte o *hardware* e o *software* e uma componente social, ou seja, as pessoas e os procedimentos.

Tal como qualquer outro sistema, um SI é formado por *inputs* (dados), processamento e outputs (informação). O sistema de informação processa os *inputs* transformando-os em outputs que são posteriormente disponibilizados ao utilizador final. O *input* consiste na recolha de dados, que vão entrar no sistema para serem processados. O processamento é a parte do sistema que, mediante um determinado objetivo transforma os dados em informação. E por fim o output envolve a transferência dos elementos que foram processados para o destinatário final (O'Brien, 1999a). Na Figura 13 podemos visualizar a estrutura base de um sistema.

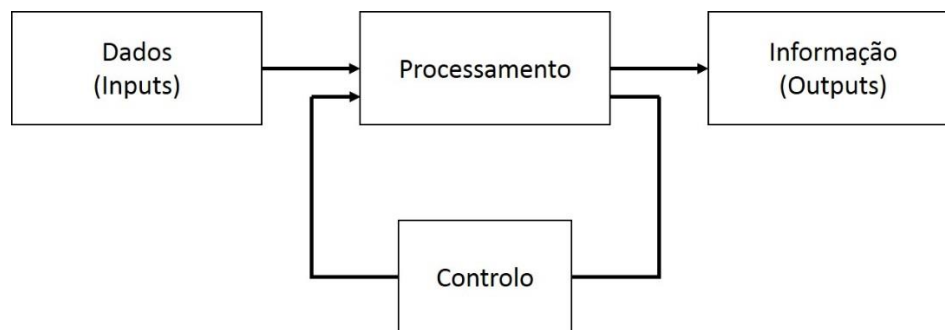


Figura 13: Estrutura de um Sistema (Beynon-Davies, 2002c)

Um SI é um sistema suportado pelas TI (Tecnologias da Informação) para recolher, processar, armazenar e partilhar a informação (Alter, 1999a). É importante perceber que estes dois conceitos não tem o mesmo significado, por isso, Beynon-Davids (2002b) afirma que é fundamental perceber a diferença entre eles. As TI são componentes de suporte ou o grupo de ferramentas utilizadas para apoiar os SI, ou seja, são mais concretamente o suporte tecnológico dos sistemas de informação. São as TI que fornecem os meios, para se construir um sistema de informação. As tecnologias da informação incluem *software*, *hardware* e armazenamento de dados (Beynon-Davies, 2002b). Para além da parte informática, as TI englobam cada vez mais os sistemas de telecomunicação, sendo por isso frequentemente utilizada a expressão tecnologias de informação e da comunicação (TIC) (Serrano, Caldeira, & Guerreiro, 2004)

Dentro de uma organização os SI juntamente com as TIC desempenham três papéis fundamentais que são (O'Brien, 1999b):

- Suporte na gestão de operações
- Suporte na tomada de decisão
- Suporte estratégico para obter vantagem competitiva

É importante perceber que os sistemas de informação surgiram primeiro que as tecnologias da informação nas organizações. Contudo, nos dias de hoje com a complexidade organizacional que se vive, a maior parte dos SI dependem das TIC (Beynon-Davies, 2002b). Atualmente as empresas estão inseridas num ambiente cada vez mais competitivo, que aliado à inovação das TIC, fez com que as organizações decidissem investir fortemente nos sistemas de informação, de maneira a conseguirem reduzir custos, aumentar os índices de produção e ainda melhorar a qualidade dos seus serviços ou produtos (Legris, Ingham, & Colletette, 2003).

3.4.1. Classificação dos Sistemas de Informação

Os sistemas de informação podem ser classificados em diferentes perspetivas. Beynon-Davies (2002a) afirma que podemos classificar os SI de acordo com duas dimensões: horizontal e vertical.

- Vertical: permite o acesso a informações em vários níveis hierárquicos da organização (Mohamed, Mahadi, Miskon, & Haghshenas, 2013).
- Horizontal: há uma distinção em termos do tipo de organização em que o SI é aplicado. São relevantes para classificar empresas do setor privado ou público (Beynon-Davies, 2002a).

Alter (1999b) e O'Brien (1999a) por sua vez classificam os sistemas de informação baseando-se numa mistura de critérios e identificam 6 tipos diferentes de SI, representados na Figura 14, sendo que uns têm impacto ao nível da gestão de operações e outras na tomada de decisão dos gestores:



Figura 14: Classificação dos sistemas de informação operacionais e gestão (O'Brien, 1999a)

- Sistema de processamento de transações: recolhem e guardam informação relativa a transações e controlam pequenas decisões que fazem parte das transações. Como exemplo temos os sistemas de informação que processam vendas, compras e mudanças de inventário.
- Sistemas de controlo de processos: sistema de controlo em que as decisões relacionadas com um processo de produção física são feitas automaticamente por computadores.
- Sistemas de comunicação: são sistemas de informação que usam diferentes tecnologias da informação, de modo ajudarem as pessoas a trabalharem juntas. Permitem partilhar ideias, recursos e coordenar equipas de trabalho.
- Sistemas de gestão de informação: são a forma mais comum de sistemas de suporte à gestão. Ajudam em todas as tarefas que acrescentam valor e que são relevantes para o funcionamento da organização.
- Sistemas de apoio à decisão: ajuda as pessoas a tomarem decisões, providenciando informação, modelos e ferramentas de análise.
- Sistema de informação e gestão/executivos: são sistemas adaptados a fornecer a informação estratégica para administração de topo. Converte a informação sobre transações, em informação para a monitorização da performance e para a gestão da organização. Providencia informação de um modo interativo e flexível.

Uma vez expostos todos os conceitos teóricos essenciais ao desenvolvimento e compreensão deste projeto, é apresentado no capítulo seguinte, todo o trabalho elaborado com a implementação de alguns destes conceitos.

4. Projeto

No capítulo seguinte, inicialmente é feita uma exposição do estado inicial do projeto. Segue-se uma breve introdução à ferramenta SAM. Posteriormente é apresentado todo o trabalho desenvolvido ao longo do projeto.

4.1. Estado Inicial

Apesar de existirem duas linhas de montagem, o estudo efetuado focalizou-se apenas na linha 2, pelas maiores necessidades de otimização comparativamente à linha 1.

A linha 2 é uma linha recente que foi apenas instalada em Julho de 2017, por esse motivo é uma linha com maior número de avarias, associadas à sua maior complexidade, uma vez que esta comparativamente com a linha 1 é muito mais automatizada. Outra particularidade da linha 2 é o facto de esta apenas possuir um banco de ensaios, o que limita em muito o nível de cadência produtivo da linha, dado este ser considerado a máquina tampão. No entanto, no final do ano de 2018 irá ser introduzido um novo banco de ensaios, de maneira a aumentar a capacidade de produção da linha.

Um dos problemas encontrados no início do projeto, prendeu-se com o facto de não ser feito qualquer tipo de seguimento dos indicadores de performance para todas as máquinas. Não existia por isso uma perceção clara, de quais as operações que estavam a penalizar gravemente o funcionamento da linha.

Esta situação estava associada à falta de um sistema que fornecesse toda a informação necessária para se fazer o seguimento de todas as operações e consequentemente melhorar o estado de funcionamento da linha. O único software existente era o RSF (Reporting Standard de Fabricação), no entanto este apenas fornecia dados relativos à máquina tampão. É neste ponto que entra o software SAM, o objetivo da implementação deste sistema é que haja um software que faculte toda a informação essencial para se fazer o seguimento de todas as operações da linha de montagem, de uma forma automatizada, sem haver a necessidade de intervenção humana.

Como não havia um acompanhamento rigoroso dos indicadores, também não existia qualquer tipo de painel de animação junto à linha de montagem. Apesar de já existir um espaço destinado ao mesmo (Figura 15), é possível perceber que este se encontrava sem qualquer

tipo de informação. A gestão visual é um fator muito importante quando se está num processo de melhoria do rendimento operacional, pois é necessário que todas as pessoas envolvidas, tenham uma clara perceção de quais os principais problemas que afetam a produtividade da linha, sendo por isso essencial que a informação esteja num local de fácil acesso e o mais perto possível do terreno.



Figura 15: Painel existente na fase inicial do projeto

As inúmeras avarias existentes, juntamente com a falta de um seguimento rigoroso de todas as operações, fizeram com que o RO da linha estivesse muito inferior ao pretendido. A medição do rendimento operacional (RO, o equivalente ao OEE) é feita de uma maneira muito simples (ver Equação 6).

$$RO = \frac{N^{\circ} \text{ de Peças boas fabricadas}}{N^{\circ} \text{ de Peças teoricamente fabricáveis}} \times 100\% \quad (6)$$

No número de peças boas fabricadas apenas entram aquelas que foram produzidas à primeira, ou seja, qualquer peça que tenha sido retocada por algum motivo, não é contabilizada para este número. Com este indicador é possível obter uma imagem do desempenho global da linha.

Na Figura 16, é possível perceber a diferença existente entre o rendimento operacional objetivo e o estado inicial do RO.

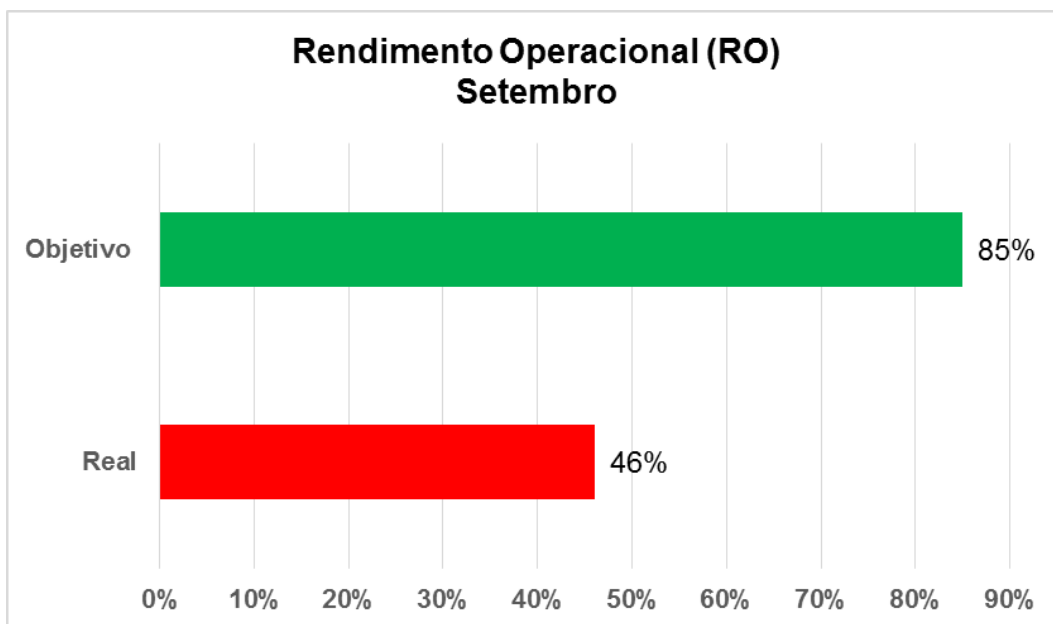


Figura 16: Rendimento operacional estado inicial

Em Setembro de 2017, mês de início do projeto, o rendimento operacional encontrava-se 39% abaixo do objetivo de 85% delineado.

4.2. SAM

O sistema SAM é uma ferramenta Renault cujo seu principal objetivo consiste em auxiliar a melhoria dos meios de produção nas fábricas mecânicas.

A recolha da informação bem como o seu posterior tratamento visa a facilitar análise dentro da estrutura TPM (*Total Productive Maintenance*), com três objetivos associados:

- Ajudar as equipas de manutenção/fabricação a reagirem mais rapidamente face a qualquer tipo de evento que necessite de intervenção.
- Preservar o histórico de paragens das máquinas com o objetivo de analisá-las posteriormente, com o intuito de melhorar a fiabilidade dos equipamentos.
- Permitir uma melhor monitorização da produção de maneira a otimizá-la.

É um sistema de extrema importância, que permite uma maior rapidez de caracterização, uma melhor caracterização das paragens, uma maior precisão nos tempos de paragem e ainda uma melhor coordenação entre operadores e chefes de linha. Para além disso possibilita ao operador seguir e desenvolver o sistema, alertar para novas situações de paragem para posteriormente criar mensagens no sistema e por fim vai contribuir para uma melhor dinamização do processo.

4.2.1. Funcionamento do SAM

De forma a ser uma ferramenta intuitiva e de fácil utilização, o SAM possui um sistema de cores que nos permite perceber o estado de cada máquina em cada uma das operações:

Tabela 4: Esquema de Cores SAM

	Máquina em funcionamento automático
	Máquina em situação de descarregada (falta de peça)
	Máquina em saturação
	Máquina com falta externa
	Máquina em estado de paragem própria

A partir da Tabela 4 a visualização do layout da linha torna-se muito mais simples, sendo de fácil compreensão o estado de funcionamento de cada uma das máquinas. A partir do sinóptico² (Figura 17) é possível observar a produção de cada uma das operações em tempo real.

² Designação usada para a representação espacial de uma linha de montagem/maquinação

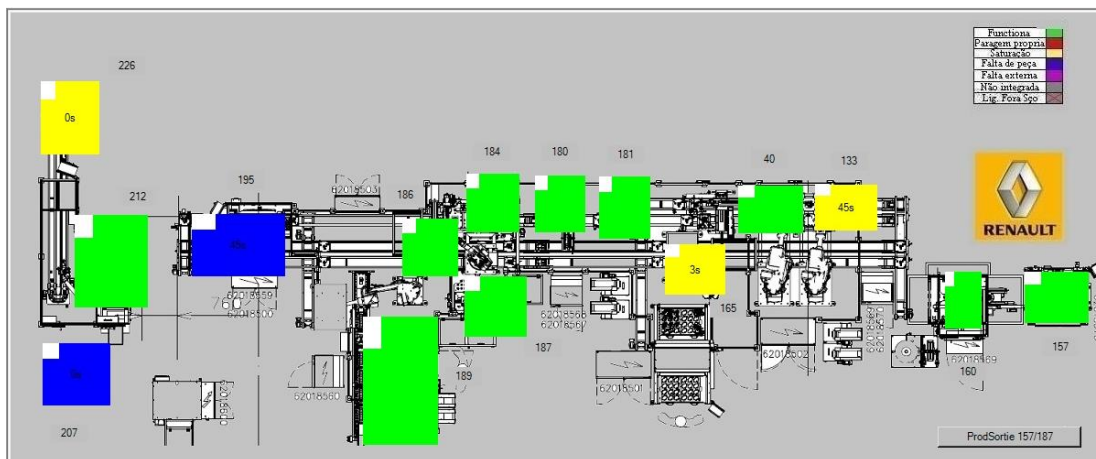


Figura 17: Sinóptico da linha no SAM

É ainda possível consultar o gráfico que compara a produção real com a objetivo (Figura 18), para isso basta clicar no retângulo que se encontra situado ao lado da máquina tampão. Essa análise pode ser feita por equipa ou então a produção do dia inteiro, sendo que é possível recuar até 6 dias atrás. Para além disso, ainda é possível ver a produção hora-hora dando assim uma ideia de quais foram os tempos com maior índice de produtividade, mais concretamente aquelas que tiveram menor número de avarias.

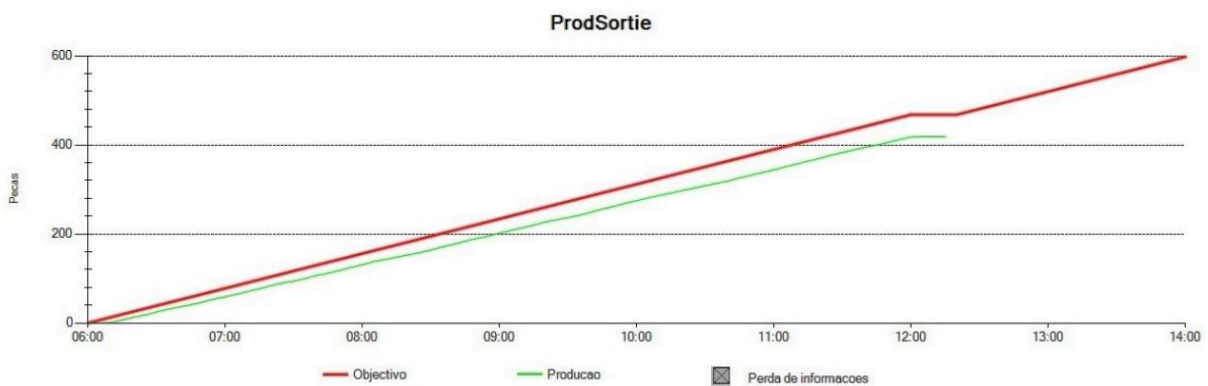


Figura 18: Gráfico que compara a produção real com a objetivo no SAM

Esta ferramenta fornece-nos uma grande quantidade de indicadores com os quais podemos retirar uma ideia de como esta a evoluir a performance da nossa linha de montagem ou de maquinaria, sendo que os mais importantes são:

- **Tempo Total Teórico (TT):** tempo total teórico para a produção e exploração dos meios (24 horas/dia).

$$TT = \text{Tempo Requerido (TR)} + \text{Tempo Não Requerido (TNR)} \quad (7)$$

- **Tempo Requerido (TR):** é o tempo durante o qual o operador ou máquina estão disponíveis para produzir.
- **Tempo Não Requerido (TNR):** pode ser definido como o tempo durante o qual não se realiza produção por motivos de pausa para comer, manutenção, etc. O tempo não requerido pode ser definido por TI (tempo realmente não disponível) e por TD (tempo durante o qual poderia ser utilizado para produzir).

$$TNR = TD + TI \quad (8)$$

- **Tempo de Funcionamento (TF):** é o tempo em que a máquina está a produzir sem avarias e onde não entram os tempos por faltas de peça e saturação.
- **Tempo De Paragem Própria (TAP):** é definido como o tempo de paragem efetivo devido avarias, trocas de ferramentas, etc.
- **Número de Paragens Próprias (NAP):** número de vezes que uma máquina esteve em paragem própria.
- **Tempo de Saturação (SAT):** tempo em que uma determinada operação esteve em saturação.
- **Tempo de Espera (DES):** é o tempo em que uma operação esteve com falta de peça.
- **Disponibilidade Operacional (DO):** representa o tempo em que a máquina esteve realmente em produção e é dado em percentagem.

$$DO = \frac{\text{Tempo de Funcionamento (TF)}}{\text{Tempo Requerido (TR)}} \times 100\% \quad (9)$$

- **Disponibilidade Própria (DP):** representa o tempo em que a máquina está pronta a funcionar sem qualquer tipo de avaria e é dado em percentagem

$$DP = \frac{\text{Tempo de Funcionamento (TF)}}{TF + \text{Tempo de Paragem Própria (TAP)}} \times 100\% \quad (10)$$

4.2.2. Implementação

Com a necessidade de aumentar os índices de performance das linhas de produção, os departamentos de Projetos de Fábrica e Engenharia, decidiram voltar a apostar no sistema SAM, para ajudar na recolha de dados e no tratamento da informação relativa à produtividade das linhas. Este *software*, já tinha sido utilizado na fábrica entre os anos de 2002 e 2005, mas acabou por cair em desuso, devido ao trabalho que é necessário fazer, para conseguir otimizá-lo ao máximo de modo a que este forneça os resultados mais reais possíveis. A linha 2 de montagem da Bomba de Óleo de Cilindrada Variável, foi escolhida como linha piloto para dar início ao projeto.

No processo de implementação estiveram inseridos quatro departamentos diferentes: o de Projetos de Fábrica, o de Engenharia, o de Informática e ainda o Técnico (ligado ao serviço de eletrónica e automação).

A 1ª fase do projeto teve início no dia 11 de Outubro de 2017, com uma reunião onde estiveram reunidos os quatro departamentos referidos anteriormente e cuja finalidade foi perceber qual era o nível de integração do SAM na linha. Foi feita uma análise conjunta e foi definida uma lista de tarefas necessárias a realizar para completar o processo de implementação:

- Fazer um levantamento dos tempos de ciclo de cada operação para parametrizá-los no sistema;
- Recolher as principais avarias de cada máquina para posteriormente carregá-las no SAM;
- Criar um layout da linha no SAM;
- Parametrizar os objetivos de produção e criar a produção de saída;
- Ligar as máquinas ao sistema;
- Criar novos pontos de rede para poder ligar as máquinas;
- Fazer as ligações de rede em todos os postos;

Outro ponto fundamental também definido na reunião foi a marcação das formações, essenciais para que as pessoas comesçassem a interagir com o *software*. Após esta primeira etapa o próximo passo consiste na recolha dos dados.

Uma vez que alguns tempos de ciclo mudaram graças a ações de melhoria desde da instalação da linha, foi necessário fazer novas medições. Para este efeito foram cronometradas as várias operações inerentes à montagem, tanto as operações manuais como também as automáticas. Apesar do SAM só contar o ciclo das máquinas, também é preciso recolher os dados das operações manuais e somar ao tempo das operações automáticas (só nos postos onde o operador trabalha em conjunto com a máquina). Se essa adição não fosse feita, assim que o ciclo da máquina terminasse, o sistema iria informar que uma determinada operação entrava em defeito, falta de peça ou saturação, quando na realidade o operador apenas estava a fazer a sua tarefa manual. Este tempo é denominado de tempo descoberto que acontece quando uma máquina fica à espera da operação do operador (ex: colocar e retirar peças do interior de uma máquina).

Com auxílio de um cronómetro foram recolhidos 10 tempos para cada operação, com um operador de referência para os postos manuais e em situações de 100% de normalidade. Posteriormente os dados foram tratados no Excel e foi feita uma média das medições efetuadas para cada uma das operações. De seguida foi feita uma lista com os principais defeitos de cada máquina. Esta etapa foi feita conjuntamente com o CUET e contou ainda com a participação de um automatista, uma vez que os defeitos foram retirados a partir do PLC de cada posto para ser mais fácil fazer a codificação automática das paragens no SAM.

Após esta recolha de dados, a fase seguinte foi a criação do layout da linha no software. Esta tarefa foi desempenhada por um automatista e para o efeito foi-lhe disponibilizado um esquema com a disposição de cada uma das operações, de maneira a que o sinóptico fosse o mais real possível. Feito isto foi necessário carregar a informação recolhida na 1ª fase (tempos de ciclo, defeitos) no sistema. Foi ainda criado um contador para cada uma das operações de maneira a ser possível perceber a quantidade de peças que passa em cada uma delas. No último posto da linha foi adicionado um botão onde é possível observar a produção de saída e fazer comparações com a produção objetivo que ficou estipulada em 78 peças/hora.

Devido à falta de pontos de rede para ligar as máquinas, foi necessário a intervenção da equipa de informática. Estes tiveram de criar novas baixadas de rede, para que fosse possível fazer a comunicação entre as máquinas e o servidor. Após a aplicação de mais cabo de rede, o automatista ligou as máquinas ao servidor (criando um IP para cada uma delas) e posteriormente com um autómato de teste, verificou se tudo tinha ficado ligado corretamente.

Por fim um elemento da informática fez as ligações de rede para todos os postos, de maneira a que informação fornecida pelo SAM, seja disponibilizada via internet por toda a fábrica. Para que todas estas alterações ficassem implementadas foi necessário fazer um *restart* ao servidor.

Finalizado este processo de instalação, foi agendada uma formação dividida em 2 turmas. Esta etapa foi fundamental, não só para as pessoas que estavam a interagir com a ferramenta pela primeira vez, mas também para aqueles que já tinham trabalho com o SAM, pois permitiu-lhes relembrar o conhecimento que já tinham adquirido há uns anos atrás. Na formação foram abordados vários tópicos relativos ao SAM, mas o mais importante foi sem dúvida a parametrização dos calendários. Uma correta calendarização é essencial para que os indicadores sejam os mais reais possíveis.

4.2.3. Parametrização do Calendário

Com o SAM é possível programar as pausas das equipas bem como os tempos de inatividade da linha. A programação destes tempos é de extrema e vital importância com vista a não falsear os indicadores de produtividade, sendo que esta tem de ser feita atempadamente porque se não, os resultados dos indicadores serão considerados falsos.

Finalizada a fase de implementação, foi então necessário dar início à calendarização dos tempos de paragem da linha, para que a ferramenta começa-se a fornecer indicadores 100% reais. A elaboração dos calendários era feita no final de cada semana, de forma a ser estipulado um plano do tipo de bomba que se ia produzir em cada dia da semana seguinte.

Dado que esta tarefa futuramente irá ser desempenhada pelo fabricante (CUET's e chefes de linha) houve então a necessidade de criar uma FOS (Folha de Operação Standard) que irá ajudar na elaboração dos calendários (Anexo A). A FOS consiste numa folha onde estão descritas um conjunto de etapas standard que são necessárias percorrer para se realizar uma determinada tarefa. Pode ser considerada como uma espécie de manual de instruções.

De uma forma resumida, para se fazer a calendarização é necessário clicar no retângulo que diz "Parametrização" na janela com o sinóptico da linha (Anexo B). Posteriormente irá aparecer uma nova janela e vai ser necessário clicar em "Parâmetros Horários" e de seguida em "Calendários" (Anexo B). O passo seguinte é escolher a semana ou semanas que queremos afetar e é preciso colocar todas as pausas para cada equipa individualmente, desde paragens para comer até às pausas para manutenção (Anexo B). Caso

uma equipa esteja em descanso num determinado dia é necessário clicar no retângulo que diz “Descanso”, porque caso isso não seja feito o sistema continuara a fazer a contagem dos dados, falseando assim os indicadores. Para que seja mais fácil perceber se um determinado turno tem alguma pausa associada ou não, o calendário é composto por três cores distintas: a cor verde representa um turno sem pausas, o amarelo significa que existem pausas calendarizadas e por fim a cor cinzenta representa o descanso de uma equipa.

Figura 19: Programação da calendarização de uma linha

De maneira a facilitar a parametrização dos calendários, é possível construir semanas “tipo” e depois guardá-las para mais tarde serem utilizadas, não havendo assim a necessidade de reprogramar turno por turno. Foi por isso criada outra FOS para ajudar na tarefa de criação de um “calendário tipo” e a sua posterior utilização, que pode ser visualizada no Anexo C.

Modificar uma semana anterior à que nos encontramos é logicamente impossível, pelo que a programação dos tempos de inatividade da linha tem que ser feita com pelo menos um dia de antecedência. A correta parametrização destes calendários é imprescindível para a veracidade dos indicadores.

4.2.4. Otimização da ferramenta

Sendo o SAM um *software* mais voltado para a área da manutenção, foi necessário desenvolver um trabalho de otimização da ferramenta de forma a torna-la mais intuitiva, não

só para ajudar as equipas de fabricação (operadores, chefes de linha, CUET's) a trabalhar com o sistema, mas também para facilitar na tarefa de interpretação dos dados.

Uma das razões pela qual o *software* caiu em desuso na fábrica foi o facto de cada vez que uma máquina parava, o operador tinha que ir ao computador documentar essa paragem, para que ela ficasse guardada no sistema. Desta vez houve um cuidado especial com esta situação, todas as paragens de cada operação são lançadas em automático pelo sistema, a partir do autómato de cada posto. Para além do registo ser mais rigoroso e de retirar trabalho extra aos operadores, isto permite registar as micro paragens (eventos de curta duração) que também tem influência no desempenho da linha, algo que é impossível através de um registo manual.

No entanto, o facto de os defeitos serem lançados a partir do autómato, fez com que a designação dos mesmos fosse muito "automatizada" tornando-se difícil a sua compreensão. Estas eram boas para a manutenção, mas não para as equipas de fabricação, por isso foi desenvolvido um trabalho juntamente com a equipa de engenharia para transformar esses códigos em algo mais intuitivo.

Foi feito um levantamento a partir do SAM de todos os defeitos de cada operação, e posteriormente foram seleccionados apenas as designações consideradas menos perceptíveis, e foi criada uma tabela (Anexo D) para se fazer o tratamento dos dados. Nesta foram colocados o código associado ao defeito, a designação correspondente e a nova designação. Concluído o processo de documentação das novas designações, a informação foi disponibilizada a um automatista, para ele fazer as respetivas alterações no SAM.

Finalizadas estas alterações o passo seguinte passou então por dar início à recolha e análise de dados.

4.3. Extração e análise de dados SAM

O SAM é um *software* que nos fornece inúmeras funcionalidades e indicadores, a partir dos quais conseguimos ter uma ideia de como está a evoluir a performance de uma linha de produção. Não estando definido qualquer tipo de procedimento de quais os dados a recolher para se fazer a análise de uma linha, houve então a necessidade de criar um *standard* de

exploração, fundamental para se iniciar o processo de análise de dados e também para ajudar futuramente o fabricante a desempenhar esta tarefa.

A extração dos dados e a sua posterior análise era feita semanalmente de forma a tornar o processo de otimização da linha mais rápido e eficiente.

4.3.1. Indicadores

Inicialmente começou-se por definir quais os indicadores a ter em conta, sendo que esta escolha teve em vista uma perspetiva presente, derivada as limitações de cadência produtiva que a linha apresenta e uma perspetiva futuro dado que irá ser adicionado um segundo banco de ensaios.

Na impossibilidade de obter a partir do SAM o rendimento operacional (RO), que é considerado o principal indicador de performance da fábrica, a escolha recaiu então pela disponibilidade própria (DP), a disponibilidade operacional (DO) e o tempo de paragem própria (TAP) de cada máquina.

No entanto veio se a verificar que a DO não era um bom indicador a utilizar para se analisar a performance e escolher as operações mais penalizantes. Como a operação tampão (Banco de Ensaios) têm cerca do dobro do tempo de ciclo das outras operações, faz com que a linha seja descompensada, provocando numa grande parte do tempo saturação ou falta peça nas outras operações, mesmo quando não há qualquer tipo de avaria afetar a produtividade da linha. Esta situação reflete-se na disponibilidade operacional que se apresenta com valores muito baixos em todas as operações, exceto no posto gargalo.

Ao fazer-se uma análise a partir da DO iríamos estar a cair em erro, uma vez que poderíamos estar a escolher uma determinada operação como penalizante, derivado ao baixo valor de disponibilidade operacional, quando na realidade esta não apresentava qualquer tipo de avaria que limitasse a performance da linha.

Desta forma os indicadores que ficaram definidos como os mais apropriados para identificar as operações penalizantes a partir do SAM, foi a disponibilidade própria e o tempo de paragem própria. As operações que tinham menor disponibilidade própria e ao mesmo tempo maior tempo de paragens próprias eram identificadas como as mais críticas.

É fundamental que a análise seja feita tendo em consideração os dois fatores em simultâneo, para que não haja erros na escolha das operações críticas. Por exemplo no caso da OP 70.5, que é o posto com menor tempo de ciclo de toda a linha, qualquer tipo de paragem própria mesmo que seja de curta duração, vai afetar significativamente a sua DP, que irá apresentar valores muito baixos. Isto deve-se ao facto desta operação passar muito tempo em falta de peça e por vezes em saturação, o que faz com que o seu tempo de funcionamento seja bastante reduzido. Ao estarmos a comparar a disponibilidade própria desta operação com a das outras, verificamos que a operação 70.5 apresenta os níveis mais baixos de toda a linha. No entanto em termos de tempo de paragem esta não se apresenta como aquela que provoca maior tempo de inatividade da linha, não sendo por isso adequado escolhe-la como operação penalizante.

4.3.2. Procedimento

Estabelecidos os indicadores a utilizar a fase seguinte passou por definir qual a sequência das etapas a seguir para se fazer a extração de dados e a correspondente análise. Foi então elaborado um fluxograma apresentado na Figura 20 onde estão incluídos todos os passos a seguir.

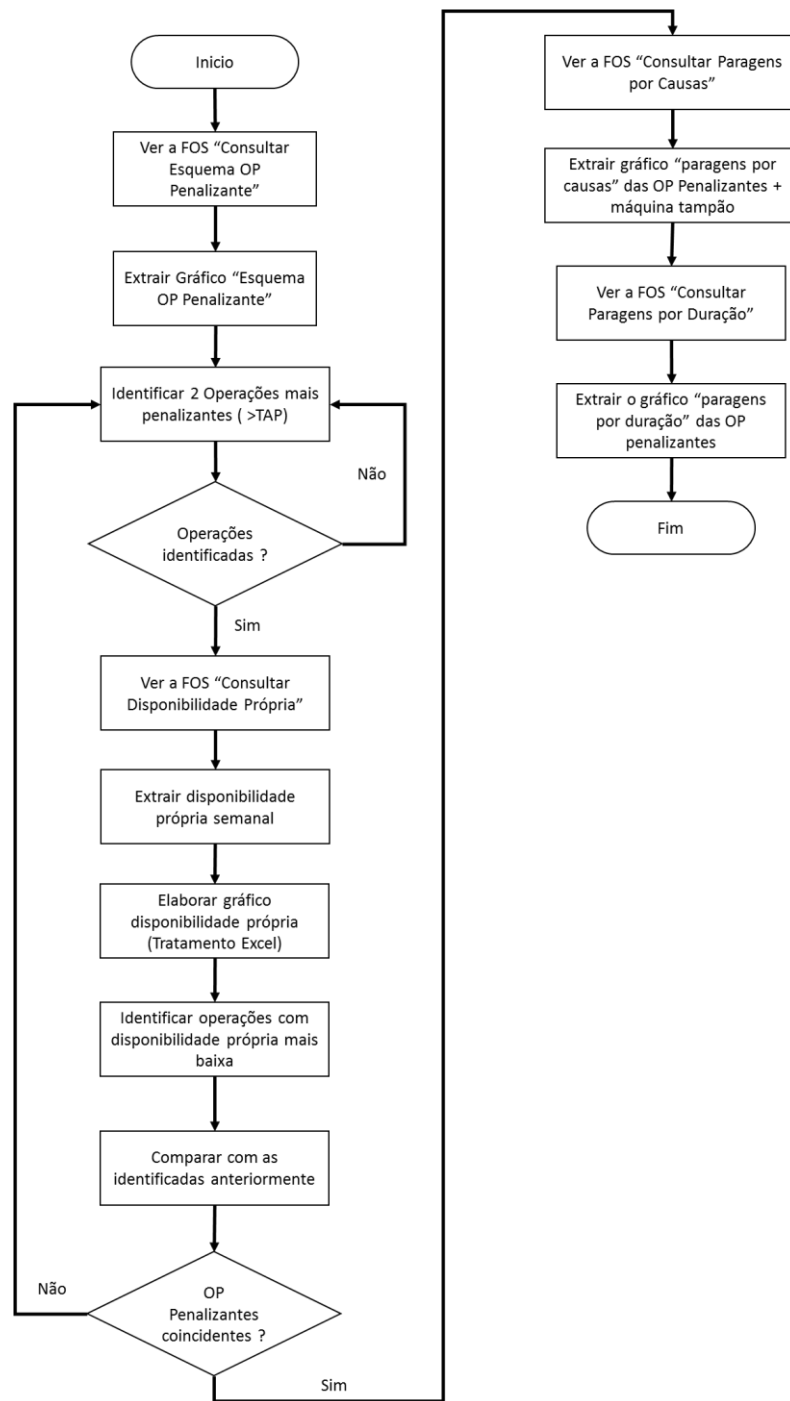


Figura 20: Fluxograma extração e análise de dados do SAM

Inicialmente é feita uma extração do gráfico do “esquema da OP Penalizante”. Este gráfico permite-nos ter uma ideia, em que estado é que uma determinada máquina passou a

maioria do seu tempo durante um dia, semana ou mês. Para se ter essa clara percepção é necessário ter em conta o esquema de cores representado na tabela 4, onde cada cor está associada a um estado.

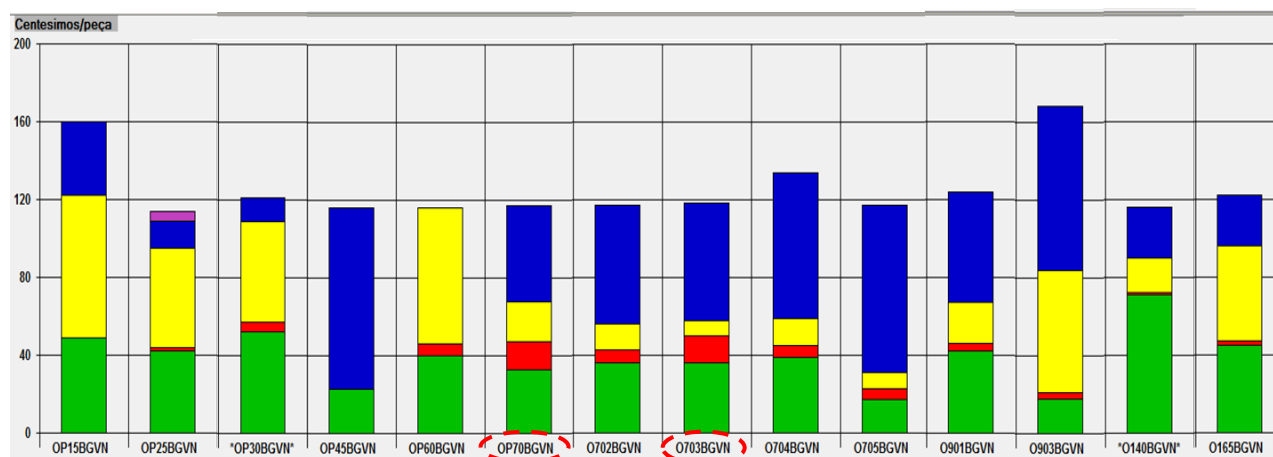


Figura 21: Gráfico do esquema da OP Penalizante (semana 45)

No exemplo ilustrado na Figura 21 é notório o desequilíbrio que existe na linha em termos de tempo de ciclo. Todas as operações exceto a OP 140 (máquina tampão) passam a maior percentagem do tempo em falta de peça ou saturação. E relativamente à operação 140, numa situação normal esta deveria ter a barra verde no máximo uma vez que possui um tempo de ciclo muito maior. No entanto é possível observar que ainda tem algum tempo de falta de peça associado, que é derivado às várias avarias que acontecem nas operações anteriores.

Após a extração deste gráfico é necessário identificar a partir do mesmo, as 2 operações mais penalizantes. Para isso é preciso ter em conta a barra vermelha, uma vez que esta representa o tempo de paragem própria das máquinas. As operações cujo a barra vermelha é maior, são identificadas como penalizantes. Se olharmos para o exemplo da figura 21, neste caso as duas operações críticas são a 70.1 (OP70BGVN) e a 70.3 (OP703BGVN), ou seja, foram estes dois postos que provocaram mais tempo de paragem na linha nesta semana.

Feita esta primeira identificação, a próxima etapa passa por fazer a extração a partir do *software*, da disponibilidade própria de todas as operações. Como já foi referido anteriormente, a DP não é mais do que a percentagem do tempo que uma determinada máquina está pronta a trabalhar, sem qualquer tipo de avaria. Quanto mais baixa esta for

significa que mais tempos de paragem por avaria teve aquela operação. Dada a impossibilidade de obter o gráfico da disponibilidade própria a partir do SAM é então necessário utilizar o Excel para se fazer o tratamento dos dados.

Elaborado o gráfico é necessário identificar as duas operações com disponibilidade própria mais baixa. No entanto é necessário ter em atenção as operações penalizantes que foram identificadas anteriormente.

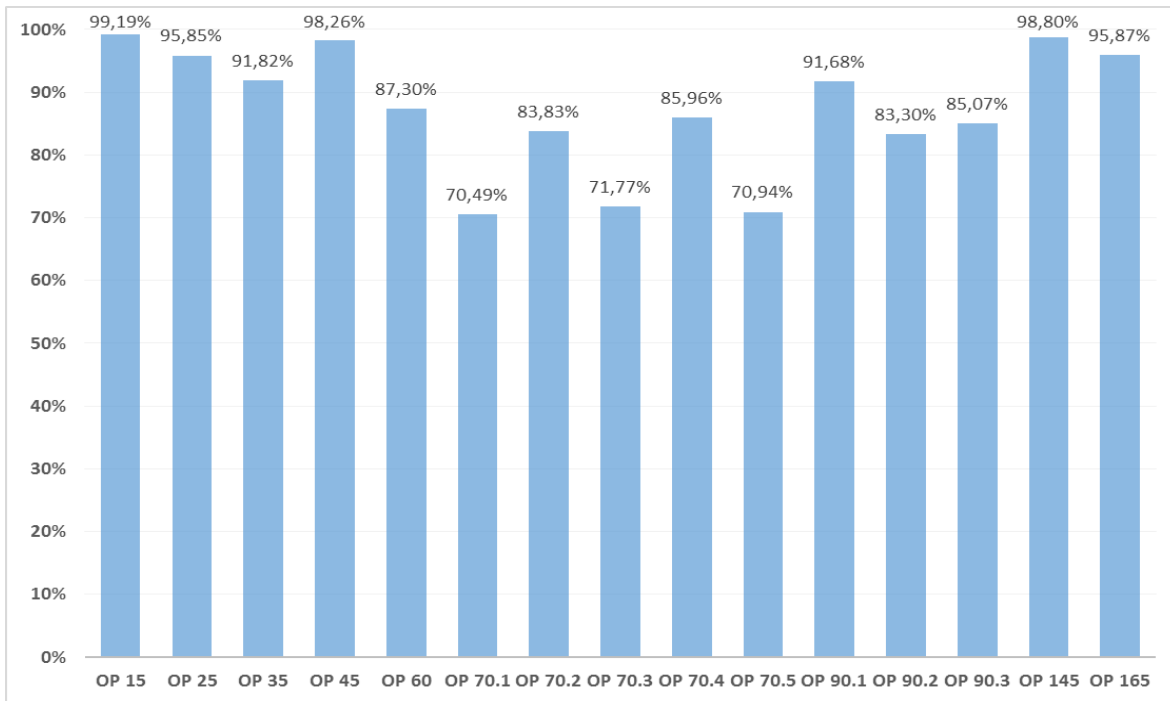


Figura 22: Gráfico da disponibilidade própria (semana 45)

Usando o exemplo da Figura 22 à primeira vista as duas operações penalizantes são a 70.1 e a 70.5 porque são as que apresentam disponibilidade própria mais baixa. Mas ao compararmos com o gráfico da Figura 21, verificamos que apesar de ter uma menor disponibilidade própria, a OP 70.5 não tem tanto tempo de paragem como a OP 70.3, dado que a barra vermelha é mais pequena e por isso não afeta tão significativamente a performance da linha. Neste caso em concreto está a acontecer a situação que foi explicada anteriormente no tópico 4.3.1., em que pelo facto de a OP 70.5 ter um tempo de ciclo muito baixo, faz com que qualquer tipo de avaria afete drasticamente a sua disponibilidade própria.

Nesta situação, a escolha mais adequada seria então manter como penalizantes a OP 70.1 e a OP 70.3.

Realizada esta análise e identificados os postos críticos, é então necessário apurar o que motivou a paragem dos mesmos. Para isso, é preciso extrair do SAM o gráfico das “paragens por causas”. É retirado o gráfico das duas operações penalizantes e ainda da máquina tampão. É fundamental ter sempre em conta o posto gargalo, porque como a linha é capacitaria desta operação, qualquer tipo de paragem afeta significativamente a performance da mesma, sendo por isso necessário fazer um seguimento das paragens deste posto. A partir do pareto da Figura 23 é possível deduzir quais foram as principais causas de paragem da OP 70.1 nesta semana.

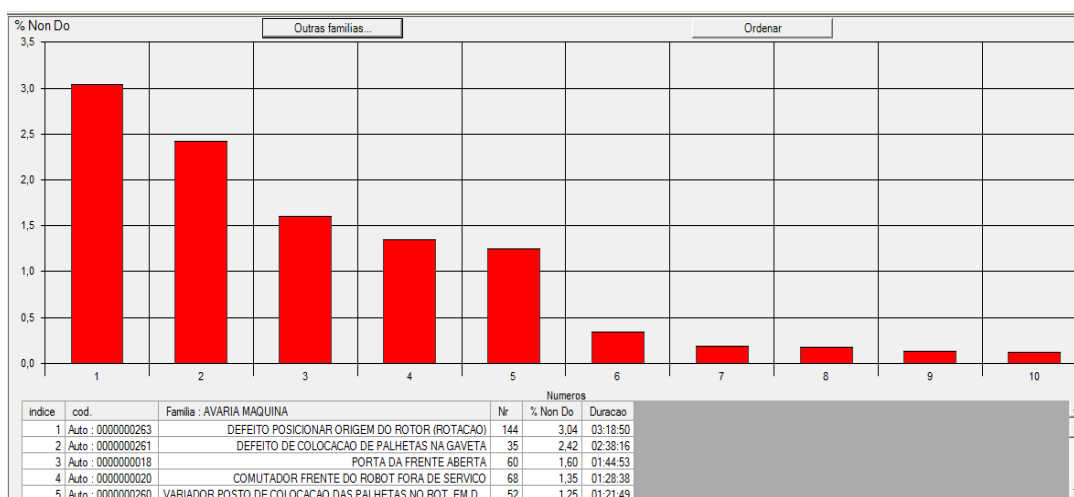


Figura 23: Gráfico das paragens por causas OP 70.1 (semana 45)

Todas as avarias são lançadas em automático e em tempo real a partir do autómato de cada posto, não sendo necessário haver introdução de dados manual e cada uma delas tem o respetivo código e designação associado. Na tabela abaixo do gráfico é possível observar o número total de vezes que avaria ocorreu e ainda o tempo total. As avarias estão organizadas por ordem decrescente de tempo, ou seja, aquelas que apresentam maior tempo são consideradas as mais penalizantes.

Efetuada a extração das causas de paragens, falta por fim analisar se a estas estão associadas maioritariamente micro paragens ou paragens de longa duração. Para tal é

necessário extrair do *software* o gráfico das “paragens por duração” das duas operações penalizantes.

Uma micro paragem pode ser definida com uma paragem no normal funcionamento da máquina com uma duração inferior a cinco minutos. A eliminação deste tipo de paragens é importantíssimo para melhorar a performance de uma linha de produção. As micro paragens provocam perda de tempo nas operações e levam a que os operadores tenham de sair várias vezes do seu posto de trabalho para resolver os problemas e em curtos espaços de tempo. Por outro lado, as paragens de longa duração provocam grandes tempos de inatividade na linha, impedindo assim que a produção pretendida seja atingida.

Analisando o exemplo da Figura 24 é notório a quantidade de micro paragens que afetaram só a operação 70.1 na semana 45.

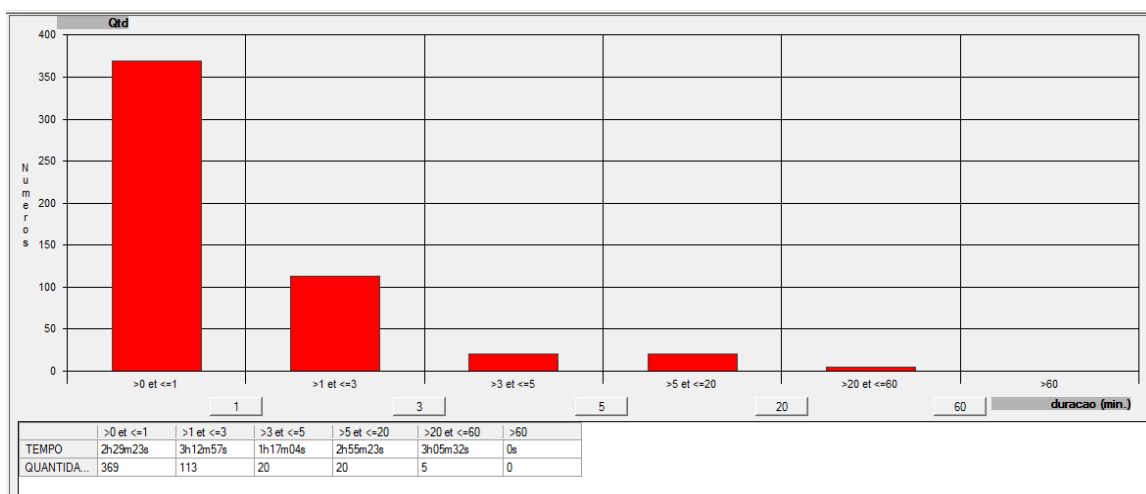


Figura 24: Gráfico paragens por duração OP70.1 (semana 45)

No total de 527 paragens cerca de 502 foram inferiores a cinco minutos, um valor muito elevado dado que apenas no estamos a referir apenas a uma operação. Esta quantidade de micro paragens provocam grandes perdas de produção porque inevitavelmente levam a que o operador tenha de sair do seu posto de trabalho, para resolver o problema, levando a perdas de produção não só no posto onde este se encontra, mas também nos restantes postos.

Para ajudar futuramente o fabricante a fazer esta recolha de dados, foram elaboradas várias FOS (Anexo E, F, G e H) onde estão descritas as etapas a percorrer, para consultar

cada um dos gráficos colocados acima. Estas também servirão para auxiliar no processo de capitalização desta recolha/análise de dados SAM para outras linhas.

4.4. Animação SAM

Um sistema de gestão visual pode contribuir para a otimização de um processo e ajudar a reduzir perdas de produtividade (Souza et al., 2013). Por isso a criação de um quadro de animação tornou-se essencial para ajudar na tarefa de melhoria da performance. Este foi colocado junto à linha de montagem de forma a integrar e a envolver toda a equipa de fabricação, no processo de aumento de produtividade. Todas as semanas passou a ser feita, uma reunião com a presença de pessoas de diferentes áreas, onde eram discutidas as ações a realizar, para atuar em conformidade com os problemas resultantes da análise SAM.

O quadro de animação elaborado foi baseado no ciclo PDCA, dado este ser um modelo simples e dinâmico e de servir como guia para se atingir a melhoria contínua. Na Figura 25 é possível observar a estrutura do quadro criado para se fazer animação SAM da linha 2 da bomba de óleo de cilindrada variável. Houve uma grande preocupação com o aspeto visual, para que qualquer pessoa que visse o quadro pela primeira vez conseguisse perceber o dinamismo da análise que era feita.

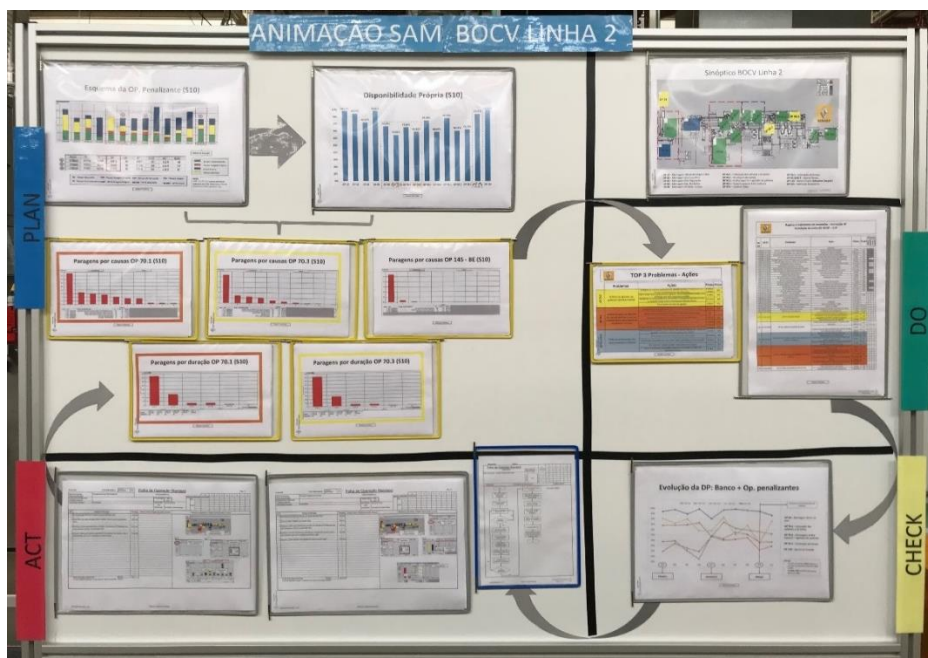


Figura 25: Quadro de animação SAM

No canto superior direito do quadro foi colocado o sinóptico da linha, um ponto muito importante para se compreender o funcionamento da mesma. A linha 2 é uma linha bastante complexa de se analisar, dada a forma como foi construída. Devido às limitações de espaço existentes, houve necessidade de compactar a linha o máximo possível. Numa situação ideal cada posto devia ser construído individualmente, com uma porta para cada um deles e com um autômato associado, num entanto não é isto que acontece na linha 2. Algumas máquinas foram construídas em ilhas comuns o que faz com quando uma dessas máquinas pare por avaria, inevitavelmente as outras também vão ter de parar porque vai ser necessário abrir a porta da ilha para intervir. Esta situação dificulta um pouco na análise dos dados, devido à necessidade de fazer um trabalho extra, de modo a que se compreenda qual foi a primeira máquina que parou e que provocou a paragem das outras todas. Na Figura 26 é possível observar a forma como a linha está dividida.

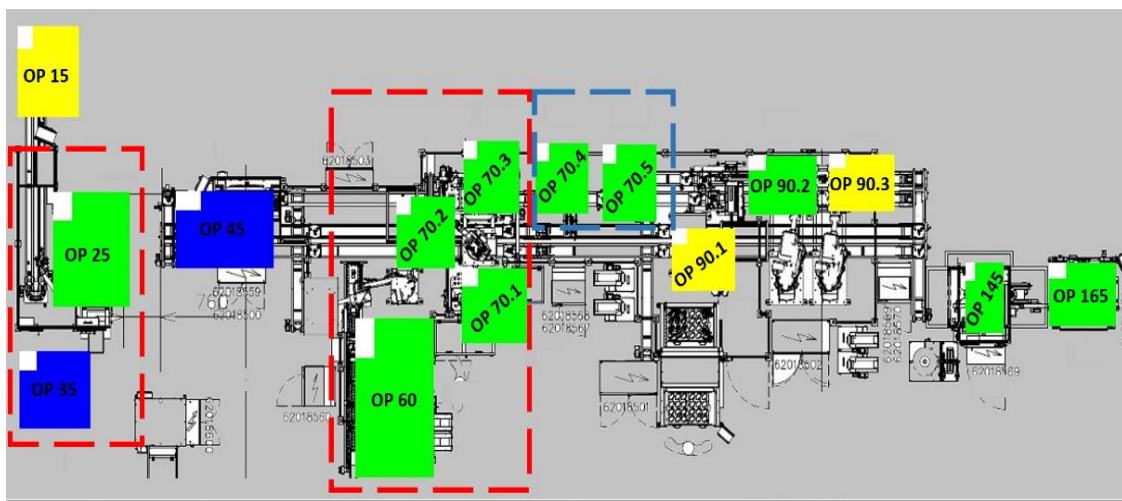


Figura 26: Divisão dos blocos da linha 2 da BOCV

A linha de montagem é dividida em três blocos e em sete postos individuais. A OP 25 e OP 35 funcionam em conjunto, quando uma delas para e é necessário intervenção, automaticamente a outra operação vai parar. Depois temos o bloco mais crítico de analisar onde temos quatro operações em conjunto: OP 60, OP 70.1, OP 70.2 e OP 70.3. Quando é necessário entrar nesta ilha para intervir numa destas operações, todas as outras por consequência vão parar. Por fim temos o bloco da OP 70.4 e OP 70.5. Todas as outras operações foram concebidas em ilhas individuais e não têm este tipo de problemas associados.

4.4.1. Fases do PDCA

Relativamente as fases do ciclo PDCA, no *Plan* estão especificadas as operações penalizantes e os problemas que estão associadas a estas. No *Do*, são detalhadas as ações que vão ser feitas para alcançar os objetivos pretendidos. Depois no *Check*, é feita uma verificação de forma a perceber se as ações realizadas estão a contribuir para alcançar os objetivos. No *Act*, estão *standardizadas* as boas práticas de recolha e análise de dados.

PLAN:

São colocados os gráficos relativos à análise SAM demonstrados no ponto 4.3.2. do presente relatório. No gráfico do “Esquema da OP Penalizante” e no da disponibilidade própria, são identificadas com um círculo as duas operações penalizantes e a máquina tampão. Depois são dispostos os gráficos das “paragens por causas” das duas operações críticas e à volta destes é posta uma moldura com uma determinada cor, que fica associada a essa operação, tornando mais didática a gestão visual do quadro. É ainda colocado o gráfico das “paragens por causas” da máquina tampão. Por fim é disposto o gráfico das “paragens por duração”, mas neste caso apenas para as duas operações penalizantes, sendo que à volta destes também é aplicada uma moldura, com a mesma cor que foi colocada no gráfico anterior.

DO:

Com base na análise feita na fase *Plan*, é elaborado um plano de ações, com intuito de melhorar os postos considerados críticos e que estão a afetar diretamente a performance da linha.

RENAMET					
Registro e tratamento de anomalias - Animação AF					
Instalação da Linha 02 VDOOP - LUP					
Nº PB	DATA	Problema	Ação	Piloto	Prazo
					Avanço
					Em andamento
					Concluído
Atenção					
124	08-10-2017	Passagem para manual OP7 para codar int. patholite	Colocar configuração P4C (Fazer ligação pontual)		246
125	08-10-2017	Pega de fatura de materiais para OP7 e envio para	Formatação no sistema		246
126	08-10-2017	Materiais pegos para fechamento	Chiar codar e colocar na linha 02 (P5-20-090)		247
127	08-10-2017	OP7 Colocar os perfis no sistema	Imprimir artigos e validar		247
128	08-10-2017	OP7 Bombardeiros e controle de programação de guita	Definir configuração e enviar informação		247
129	08-10-2017	OP 7 Deletar de sequência após sistema intermitente	Verificação de uma sequência para afimar		247
130	08-10-2017	OP 7 Fazer e teste de alarme	Ativar alarme (Navegação 20-12-21)		247
131	08-10-2017	Defeito no controle OP7	Enviar nova programação		248
132	08-10-2017	OP 7.5 Fazer e teste de alarme em PRIMAVERA	Realização de limpeza		248
133	08-10-2017	OP 7.5.5 Fazer teste de alarme em PRIMAVERA	Realização de limpeza		248
134	08-10-2017	OP 7.5.5 Fazer teste de alarme em PRIMAVERA	Realização de limpeza		248
135	08-10-2017	OP 7.5.5 Fazer teste de alarme em PRIMAVERA	Realização de limpeza		248
136	08-10-2017	OP 7.5.5 Fazer teste de alarme em PRIMAVERA	Realização de limpeza		248
137	08-10-2017	OP 7.5.5 Fazer teste de alarme em PRIMAVERA	Realização de limpeza		248
138	08-10-2017	OP 7.5.5 Fazer teste de alarme em PRIMAVERA	Realização de limpeza		248
139	08-10-2017	OP 7.5.5 Fazer teste de alarme em PRIMAVERA	Realização de limpeza		248
140	08-10-2017	OP 7.5.5 Fazer teste de alarme em PRIMAVERA	Realização de limpeza		248
141	08-10-2017	OP 7.5.5 Fazer teste de alarme em PRIMAVERA	Realização de limpeza		248
142	08-10-2017	OP 7.5.5 Fazer teste de alarme em PRIMAVERA	Realização de limpeza		248
143	08-10-2017	OP 7.5.5 Fazer teste de alarme em PRIMAVERA	Realização de limpeza		248
144	08-10-2017	OP 7.5.5 Fazer teste de alarme em PRIMAVERA	Realização de limpeza		248
145	08-10-2017	OP 7.5.5 Fazer teste de alarme em PRIMAVERA	Realização de limpeza		248
146	08-10-2017	OP 7.5.5 Fazer teste de alarme em PRIMAVERA	Realização de limpeza		248
147	08-10-2017	OP 7.5.5 Fazer teste de alarme em PRIMAVERA	Realização de limpeza		248
148	08-10-2017	OP 7.5.5 Fazer teste de alarme em PRIMAVERA	Realização de limpeza		248
149	08-10-2017	OP 7.5.5 Fazer teste de alarme em PRIMAVERA	Realização de limpeza		248
150	08-10-2017	OP 7.5.5 Fazer teste de alarme em PRIMAVERA	Realização de limpeza		248
151	08-10-2017	OP 7.5.5 Fazer teste de alarme em PRIMAVERA	Realização de limpeza		248
152	08-10-2017	OP 7.5.5 Fazer teste de alarme em PRIMAVERA	Realização de limpeza		248
153	08-10-2017	OP 7.5.5 Fazer teste de alarme em PRIMAVERA	Realização de limpeza		248
154	08-10-2017	OP 7.5.5 Fazer teste de alarme em PRIMAVERA	Realização de limpeza		248
155	08-10-2017	OP 7.5.5 Fazer teste de alarme em PRIMAVERA	Realização de limpeza		248
156	08-10-2017	OP 7.5.5 Fazer teste de alarme em PRIMAVERA	Realização de limpeza		248
157	08-10-2017	OP 7.5.5 Fazer teste de alarme em PRIMAVERA	Realização de limpeza		248
158	08-10-2017	OP 7.5.5 Fazer teste de alarme em PRIMAVERA	Realização de limpeza		248
159	08-10-2017	OP 7.5.5 Fazer teste de alarme em PRIMAVERA	Realização de limpeza		248
160	08-10-2017	OP 7.5.5 Fazer teste de alarme em PRIMAVERA	Realização de limpeza		248
161	08-10-2017	OP 7.5.5 Fazer teste de alarme em PRIMAVERA	Realização de limpeza		248
162	08-10-2017	OP 7.5.5 Fazer teste de alarme em PRIMAVERA	Realização de limpeza		248
163	08-10-2017	OP 7.5.5 Fazer teste de alarme em PRIMAVERA	Realização de limpeza		248
164	08-10-2017	OP 7.5.5 Fazer teste de alarme em PRIMAVERA	Realização de limpeza		248
165	08-10-2017	OP 7.5.5 Fazer teste de alarme em PRIMAVERA	Realização de limpeza		248
166	08-10-2017	OP 7.5.5 Fazer teste de alarme em PRIMAVERA	Realização de limpeza		248
167	08-10-2017	OP 7.5.5 Fazer teste de alarme em PRIMAVERA	Realização de limpeza		248
168	08-10-2017	OP 7.5.5 Fazer teste de alarme em PRIMAVERA	Realização de limpeza		248
169	08-10-2017	OP 7.5.5 Fazer teste de alarme em PRIMAVERA	Realização de limpeza		248
170	08-10-2017	OP 7.5.5 Fazer teste de alarme em PRIMAVERA	Realização de limpeza		248
171	08-10-2017	OP 7.5.5 Fazer teste de alarme em PRIMAVERA	Realização de limpeza		248
172	08-10-2017	OP 7.5.5 Fazer teste de alarme em PRIMAVERA	Realização de limpeza		248
173	08-10-2017	OP 7.5.5 Fazer teste de alarme em PRIMAVERA	Realização de limpeza		248
174	08-10-2017	OP 7.5.5 Fazer teste de alarme em PRIMAVERA	Realização de limpeza		248
175	08-10-2017	OP 7.5.5 Fazer teste de alarme em PRIMAVERA	Realização de limpeza		248
176	08-10-2017	OP 7.5.5 Fazer teste de alarme em PRIMAVERA	Realização de limpeza		248
177	08-10-2017	OP 7.5.5 Fazer teste de alarme em PRIMAVERA	Realização de limpeza		248
178	08-10-2017	OP 7.5.5 Fazer teste de alarme em PRIMAVERA	Realização de limpeza		248
179	08-10-2017	OP 7.5.5 Fazer teste de alarme em PRIMAVERA	Realização de limpeza		248
180	08-10-2017	OP 7.5.5 Fazer teste de alarme em PRIMAVERA	Realização de limpeza		248
181	08-10-2017	OP 7.5.5 Fazer teste de alarme em PRIMAVERA	Realização de limpeza		248
182	08-10-2017	OP 7.5.5 Fazer teste de alarme em PRIMAVERA	Realização de limpeza		248
183	08-10-2017	OP 7.5.5 Fazer teste de alarme em PRIMAVERA	Realização de limpeza		248
184	08-10-2017	OP 7.5.5 Fazer teste de alarme em PRIMAVERA	Realização de limpeza		248
185	08-10-2017	OP 7.5.5 Fazer teste de alarme em PRIMAVERA	Realização de limpeza		248
186	08-10-2017	OP 7.5.5 Fazer teste de alarme em PRIMAVERA	Realização de limpeza		248
187	08-10-2017	OP 7.5.5 Fazer teste de alarme em PRIMAVERA	Realização de limpeza		248
188	08-10-2017	OP 7.5.5 Fazer teste de alarme em PRIMAVERA	Realização de limpeza		248
189	08-10-2017	OP 7.5.5 Fazer teste de alarme em PRIMAVERA	Realização de limpeza		248
190	08-10-2017	OP 7.5.5 Fazer teste de alarme em PRIMAVERA	Realização de limpeza		248
191	08-10-2017	OP 7.5.5 Fazer teste de alarme em PRIMAVERA	Realização de limpeza		248
192	08-10-2017	OP 7.5.5 Fazer teste de alarme em PRIMAVERA	Realização de limpeza		248
193	08-10-2017	OP 7.5.5 Fazer teste de alarme em PRIMAVERA	Realização de limpeza		248
194	08-10-2017	OP 7.5.5 Fazer teste de alarme em PRIMAVERA	Realização de limpeza		248
195	08-10-2017	OP 7.5.5 Fazer teste de alarme em PRIMAVERA	Realização de limpeza		248
196	08-10-2017	OP 7.5.5 Fazer teste de alarme em PRIMAVERA	Realização de limpeza		248
197	08-10-2017	OP 7.5.5 Fazer teste de alarme em PRIMAVERA	Realização de limpeza		248
198	08-10-2017	OP 7.5.5 Fazer teste de alarme em PRIMAVERA	Realização de limpeza		248
199	08-10-2017	OP 7.5.5 Fazer teste de alarme em PRIMAVERA	Realização de limpeza		248
200	08-10-2017	OP 7.5.5 Fazer teste de alarme em PRIMAVERA	Realização de limpeza		248
201	08-10-2017	OP 7.5.5 Fazer teste de alarme em PRIMAVERA	Realização de limpeza		248
202	08-10-2017	OP 7.5.5 Fazer teste de alarme em PRIMAVERA	Realização de limpeza		248
203	08-10-2017	OP 7.5.5 Fazer teste de alarme em PRIMAVERA	Realização de limpeza		248
204	08-10-2017	OP 7.5.5 Fazer teste de alarme em PRIMAVERA	Realização de limpeza		248
205	08-10-2017	OP 7.5.5 Fazer teste de alarme em PRIMAVERA	Realização de limpeza		248
206	08-10-2017	OP 7.5.5 Fazer teste de alarme em PRIMAVERA	Realização de limpeza		248
207	08-10-2017	OP 7.5.5 Fazer teste de alarme em PRIMAVERA	Realização de limpeza		248
208	08-10-2017	OP 7.5.5 Fazer teste de alarme em PRIMAVERA	Realização de limpeza		248
209	08-10-2017	OP 7.5.5 Fazer teste de alarme em PRIMAVERA	Realização de limpeza		248
210	08-10-2017	OP 7.5.5 Fazer teste de alarme em PRIMAVERA	Realização de limpeza		248
211	08-10-2017	OP 7.5.5 Fazer teste de alarme em PRIMAVERA	Realização de limpeza		248
212	08-10-2017	OP 7.5.5 Fazer teste de alarme em PRIMAVERA	Realização de limpeza		248
213	08-10-2017	OP 7.5.5 Fazer teste de alarme em PRIMAVERA	Realização de limpeza		248
214	08-10-2017	OP 7.5.5 Fazer teste de alarme em PRIMAVERA	Realização de limpeza		248
215	08-10-2017	OP 7.5.5 Fazer teste de alarme em PRIMAVERA	Realização de limpeza		248
216	08-10-2017	OP 7.5.5 Fazer teste de alarme em PRIMAVERA	Realização de limpeza		248
217	08-10-2017	OP 7.5.5 Fazer teste de alarme em PRIMAVERA	Realização de limpeza		248
218	08-10-2017	OP 7.5.5 Fazer teste de alarme em PRIMAVERA	Realização de limpeza		248
219	08-10-2017	OP 7.5.5 Fazer teste de alarme em PRIMAVERA	Realização de limpeza		248
220	08-10-2017	OP 7.5.5 Fazer teste de alarme em PRIMAVERA	Realização de limpeza		248
221	08-10-2017	OP 7.5.5 Fazer teste de alarme em PRIMAVERA	Realização de limpeza		248
222	08-10-2017	OP 7.5.5 Fazer teste de alarme em PRIMAVERA	Realização de limpeza		248
223	08-10-2017	OP 7.5.5 Fazer teste de alarme em PRIMAVERA	Realização de limpeza		248
224	08-10-2017	OP 7.5.5 Fazer teste de alarme em PRIMAVERA	Realização de limpeza		248
225	08-10-2017	OP 7.5.5 Fazer teste de alarme em PRIMAVERA	Realização de limpeza		248
226	08-10-2017	OP 7.5.5 Fazer teste de alarme em PRIMAVERA	Realização de limpeza		248
227	08-10-2017	OP 7.5.5 Fazer teste de alarme em PRIMAVERA	Realização de limpeza		248
228	08-10-2017	OP 7.5.5 Fazer teste de alarme em PRIMAVERA	Realização de limpeza		248
229	08-10-2017	OP 7.5.5 Fazer teste de alarme em PRIMAVERA	Realização de limpeza		248
230	08-10-2017	OP 7.5.5 Fazer teste de alarme em PRIMAVERA	Realização de limpeza		248
231	08-10-2017	OP 7.5.5 Fazer teste de alarme em PRIMAVERA	Realização de limpeza		248
232	08-10-2017	OP 7.5.5 Fazer teste de alarme em PRIMAVERA	Realização de limpeza		248
233	08-10-2017	OP 7.5.5 Fazer teste de alarme em PRIMAVERA	Realização de limpeza		248
234	08-10-2017	OP 7.5.5 Fazer teste de alarme em PRIMAVERA	Realização de limpeza		248
235	08-10-2017	OP 7.5.5 Fazer teste de alarme em PRIMAVERA	Realização de limpeza		248
236	08-10-2017	OP 7.5.5 Fazer teste de alarme em PRIMAVERA	Realização de limpeza		248
237	08-10-2017	OP 7.5.5 Fazer teste de alarme em PRIMAVERA	Realização de limpeza		248
238	08-10-2017	OP 7.5.5 Fazer teste de alarme em PRIMAVERA	Realização de limpeza		248
239	08-10-2017	OP 7.5.5 Fazer teste de alarme em PRIMAVERA	Realização de limpeza		248
240	08-10-2017	OP 7.5.5 Fazer teste de alarme em PRIMAVERA	Realização de limpeza		248
241	08-10-2017	OP 7.5.5 Fazer teste de alarme em PRIMAVERA	Realização de limpeza		248
242	08-10-2017	OP 7.5.5 Fazer teste de alarme em PRIMAVERA	Realização de limpeza		248
243	08-10-2017	OP 7.5.5 Fazer teste de alarme em PRIMAVERA	Realização de limpeza		248
244	08-10-2017	OP 7.5.5 Fazer teste de alarme em PRIMAVERA	Realização de limpeza		248
245	08-10-2017	OP 7.5.5 Fazer teste de alarme em PRIMAVERA	Realização de limpeza		248
246	08-10-2017	OP 7.5.5 Fazer teste de alarme em PRIMAVERA	Realização de limpeza		248
247	08-10-2017	OP 7.5.5 Fazer teste de alarme em PRIMAVERA	Realização de limpeza		248
248	08-10-2017	OP 7.5.5 Fazer teste de alarme em PRIMAVERA	Realização de limpeza		248
249	08-10-2017	OP 7.5.5 Fazer teste de alarme em PRIMAVERA	Realização de limpeza		248
250	08-10-2017	OP 7.5.5 Fazer teste de alarme em PRIMAVERA	Realização de limpeza		248
251	08-10-2017	OP 7.5.5 Fazer teste de alarme em PRIMAVERA	Realização de limpeza		248
252	08-10-2017	OP 7.5.5 Fazer teste de alarme em PRIMAVERA	Realização de limpeza		248
253	08-10-2017	OP 7.5.5 Fazer teste de alarme em PRIMAVERA	Realização de limpeza		248
254	08-10-2017	OP 7.5.5 Fazer teste de alarme em PRIMAVERA	Realização de limpeza		248
255	08-10-2017	OP 7.5.5 Fazer teste de alarme em PRIMAVERA	Realização de limpeza		248
256	08-10-2017	OP 7.5.5 Fazer teste de alarme em PRIMAVERA	Realização de limpeza		248
257	08-10-2017	OP 7.5.5 Fazer teste de alarme em PRIMAVERA	Realização de limpeza		248
258	08-10-2017	OP 7.5.5 Fazer teste de alarme em PRIMAVERA	Realização de limpeza		248
259	08-10-2017	OP 7.5.5 Fazer teste de alarme em PRIMAVERA	Realização de limpeza		248
260	08-10-2017	OP 7.5.5 Fazer teste de alarme em PRIMAVERA	Realização de limpeza		248
261	08-10-2017	OP 7.5.5 Fazer teste de alarme em PRIMAVERA	Realização de limpeza		248
262	08-10-2017	OP 7.5.5 Fazer teste de alarme em PRIMAVERA	Realização de limpeza		248
263	08-10-2017	OP 7.5.5 Fazer teste de alarme em PRIMAVERA	Realização de limpeza		248
264	08-10-2017	OP 7.5.5 Fazer teste de alarme em PRIMAVERA	Realização de limpeza		248
265	08-10-2017	OP 7.5.5 Fazer teste de alarme em PRIMAVERA	Realização de limpeza		248
266	08-10-2017	OP 7.5.5 Fazer teste de alarme em PRIMAVERA	Realização de limpeza		248
267	08-10-2017	OP 7.5.5 Fazer teste de alarme em PRIMAVERA	Realização de limpeza		248
268	08-10-2017	OP 7.5.5 Fazer teste de alarme em PRIMAVERA	Realização de limpeza		248
269	08-10-2017	OP 7.5.5 Fazer teste de alarme em PRIMAVERA	Realização de limpeza		248
270	08-10-2017	OP 7.5.5 Fazer teste de alarme em PRIMAVERA	Realização de limpeza		248
271	08-10-2017	OP 7.5.5 Fazer teste de alarme em PRIMAVERA	Realização de limpeza		248
272	08-10-2017	OP 7.5.5 Fazer teste de alarme em PRIMAVERA	Realização de limpeza		248
273	08-10-2017	OP 7.5.5 Fazer teste de alarme em PRIMAVERA	Realização de limpeza		248
274	08-10-2017	OP 7.5.5 Fazer teste de alarme em PRIMAVERA	Realização de limpeza		248
275	08-10-2017	OP 7.5.5 Fazer teste de alarme em PRIMAVERA	Realização de limpeza		248
276	08-10-2017	OP 7.5.5 Fazer teste de alarme em PRIMAVERA	Realização de limpeza		248
277	08-10-2017	OP 7.5.5 Fazer teste de alarme em PRIMAVERA	Realização de limpeza		248
278	08-10-2017	OP 7.5.5 Fazer teste de alarme em PRIMAVERA	Realização de limpeza		248
279	08-10-2017	OP 7.5.5 Fazer teste de alarme em PRIMAVERA	Realização de limpeza		248
280	08-10-2017	OP 7.5.5 Fazer teste de alarme em PRIMAVERA	Realização de limpeza		248
281	08-10-2017	OP 7.5.5 Fazer teste de alarme em PRIMAVERA	Realização de limpeza		248
282	08-10-2017	OP 7.5.5 Fazer teste de alarme em PRIMAVERA	Realização de limpeza		248
283	08-10-2017	OP 7.5.5 Fazer teste de alarme em PRIMAVERA	Realização de limpeza		248
284	08-10-2017	OP 7.5.5 Fazer teste de alarme em PRIMAVERA	Realização de limpeza		248
285	08-10-2017	OP 7.5.5 Fazer teste de alarme em PRIMAVERA	Realização de limpeza		248
286	08-10-2017	OP 7.5.5 Fazer teste de alarme em PRIMAVERA	Realização de limpeza		248
287	08-10-2017	OP 7.5.5 Fazer teste de alarme em PRIMAVERA	Realização de limpeza		248
288	08-10-2017	OP 7.5.5 Fazer teste de alarme em PRIMAVERA	Realização de limpeza		248
289	08-10-2017	OP 7.5.5 Fazer teste de alarme em PRIMAVERA	Realização de limpeza		248
290	08-10-2017	OP 7.5.5 Fazer teste de alarme em PRIMAVERA	Realização de limpeza		248
291	08-10-2017	OP 7.5.5 Fazer teste de alarme em PRIMAVERA	Realização de limpeza		248
292	08-10-2017	OP 7.5.5 Fazer teste de alarme em PRIMAVERA	Realização de limpeza		248
293	08-10-2017	OP 7.5.5 Fazer teste de alarme em PRIMAVERA	Realização de limpeza		248
294	08-10-2017	OP 7.5.5 Fazer teste de alarme em PRIMAVERA	Realização de limpeza		248
295	08-10-2017	OP 7.5.5 Fazer teste de alarme em PRIMAVERA	Realização de limpeza		248
296					

operações. Na LUP também está presente o esquema de cores, para ser mais fácil de encontrar as ações do TOP 3 na lista única de problemas.

CHECK:

Após a aplicação das ações desenvolvidas na fase *Do*, é necessário fazer o acompanhamento da evolução das operações penalizantes, de forma a perceber se as ações implementadas estão a ser eficazes ou não.

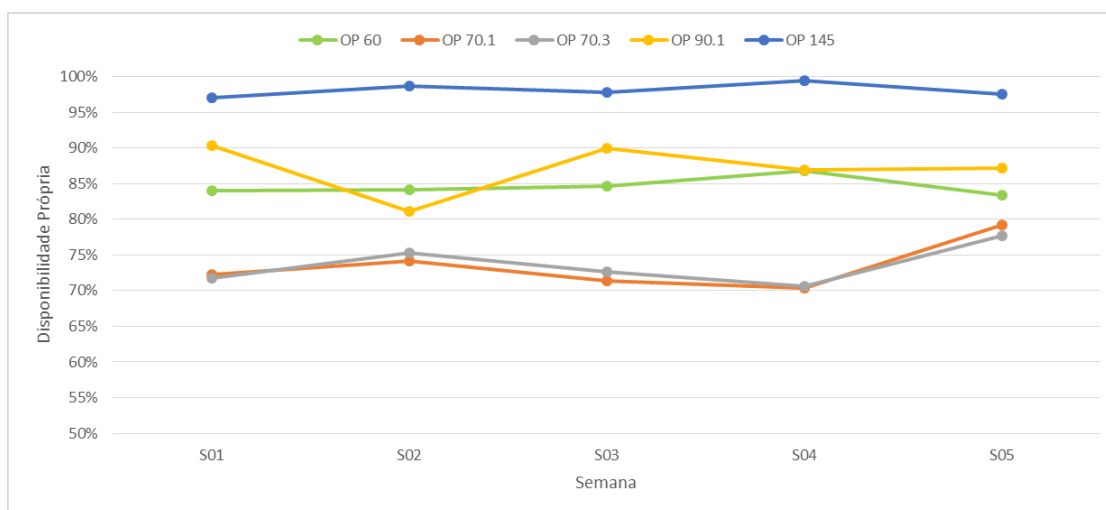


Figura 28: Etapa Check (quadro de animação SAM)

Para o efeito é elaborado um gráfico em Excel, onde é feito um seguimento semanal da disponibilidade própria das operações, que ao longo do tempo foram consideradas penalizantes, bem como da máquina tampão. A partir do exemplo da Figura 28, é analisada a eficiência das ações aplicadas e são definidas quais as operações que são necessárias seguir com maior atenção.

ACT:

De forma a padronizar todo este processo, no *Act* foram colocadas todas as FOS procedimento (Anexo A, C, E, F, G e H) e foi ainda criada uma FOS sinóptico, onde foi elaborado um fluxograma, com o procedimento para se fazer animação SAM (Anexo I).

A criação deste *standard*, servirá para ajudar a capitalizar, todo este processo de extração, análise e animação para outras linhas de montagem e maquinaria da fábrica.

4.5. Análise de resultados

Durante o projeto, foi feita uma medição mensal do rendimento operacional de forma a se ter a percepção, de como é que as ações implementadas, estavam a ajudar na evolução do RO. A Figura 29 apresenta a variação mensal do rendimento operacional.

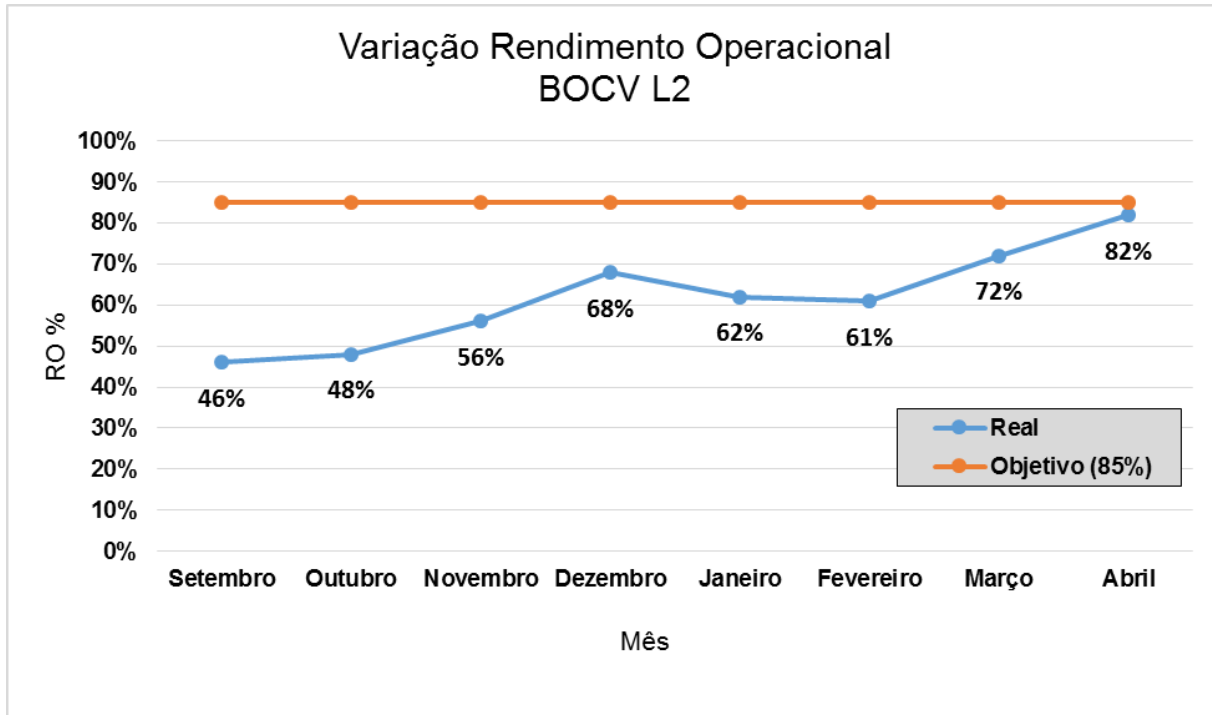


Figura 29: Evolução mensal do RO na linha 2 da BOCV

Os dados apresentados na Figura 29 referem-se ao período compreendido entre o arranque de produção da linha e o fim do estágio. Sendo esta uma linha com acordo de fabricação recente, que apenas foi instalada em Julho de 2017 e que iniciou a produção em Setembro do mesmo ano, não foi possível fazer grandes comparações com os dados anteriores à implementação do SAM.

Nesta análise de RO é necessário ter em conta o tipo de bomba que foi produzida em cada mês, uma vez que as bombas R9M e M9T apresentavam um maior número de avarias comparativamente com a Hxx, influenciando assim a performance da linha. A distribuição do tipo de bomba variava consoante as necessidades dos clientes. Na Figura 30 pode-se observar a distribuição mensal do tipo de bomba produzida.

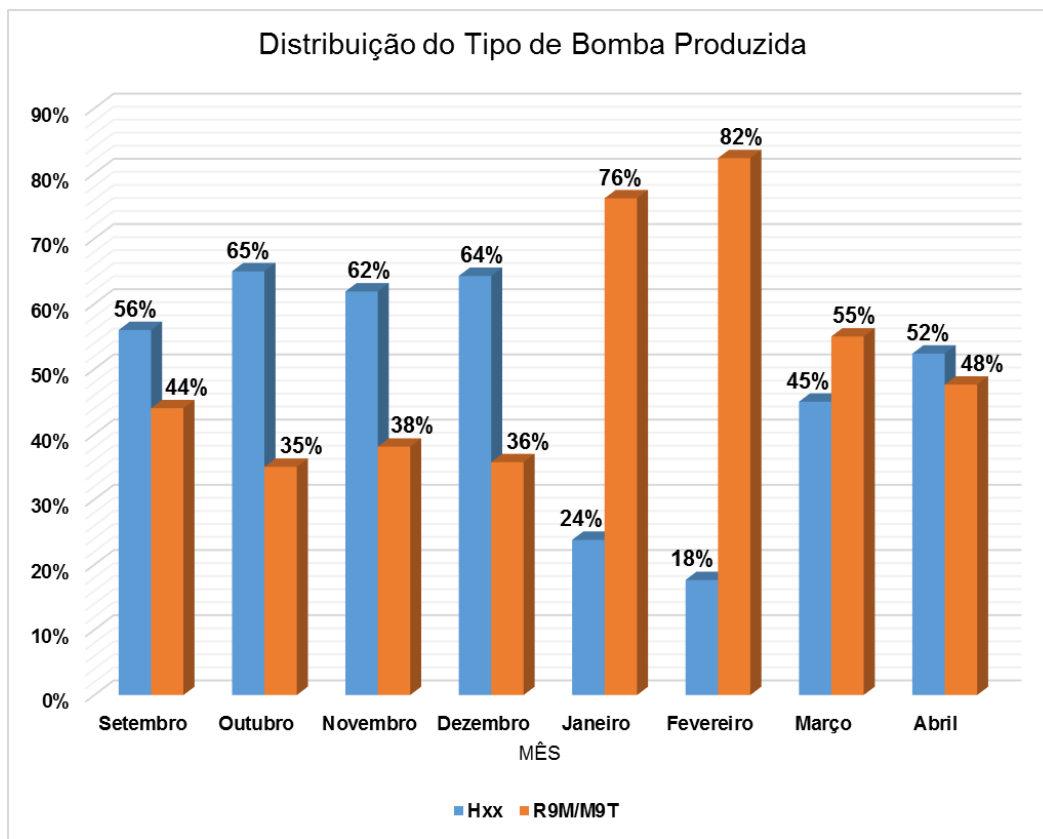


Figura 30: Distribuição mensal do tipo de bomba produzida

No primeiro mês de produção a linha apresentou um RO de aproximadamente 46%. No mês de Outubro iniciou-se a implementação do SAM, no entanto a utilização deste ainda não teve qualquer impacto na performance da linha, uma vez que a ferramenta só ficou implementada no final do mês e por isso apenas foi utilizada de uma forma experimental. Apesar disso o rendimento operacional da linha subiu ligeiramente em comparação ao mês anterior ficando na casa dos 48%.

Mesmo ainda não estando 100% otimizada no mês de Novembro iniciou-se a extração e análise de dados do SAM, bem como a respetiva animação. Começaram a ser elaborados os planos de ações de forma a resolver os problemas da linha, resultando numa subida de 8% no RO em Novembro e de 12% no mês de Dezembro.

No mês de Janeiro e Fevereiro houve um decréscimo de performance, havendo uma regressão de cerca de 6% no RO. Esta situação foi derivada de alguns ajustes que foram feitos

para reduzir o tempo de ciclo da máquina tampão, para além disso foram dois meses onde se produziu maioritariamente as bombas R9M e M9T.

Apesar de no mês de Março a produção de R9M e M9T ter sido superior à de Hxx, houve uma subida significativa no rendimento operacional para 72%. Esta evolução deveu-se essencialmente as ações que foram sendo implementadas, para resolver os problemas que tinham surgido nos dois meses anteriores e que foram identificados com ajuda do SAM. Relativamente ao mês de Abril, foi onde se atingiu o maior RO com um valor de 82%, ficando mesmo assim abaixo do objetivo pretendido.

O facto de terem sido feitas alterações no tempo de ciclo, com pequenos ajustes na máquina tampão, motivou que o objetivo de 85% inicialmente traçado não fosse atingido. No entanto é de salientar a evolução bastante significativa que aconteceu, comparativamente à situação inicial. No início do projeto o rendimento operacional situava-se na casa dos 47% e no fim do projeto atingiu os 82%, um valor bastante próximo do objetivo.

5. Conclusão

5.1. Considerações Finais

A informação é um bem de que há necessidade, cada vez mais em tempo real por forma a alimentar processos de decisão, mais rápidos e efetivos, cada vez mais complexos e com um conjunto cada vez maior de variáveis para analisar. Sendo a indústria automóvel considerada uma das mais competitivas, é fulcral que toda a informação relativa aos processos de produção seja disponibilizada de uma forma simples e intuitiva, de maneira a conseguir resultados positivos na otimização de processos e consequentemente aumentar os índices de produtividade de forma a satisfazer as necessidades do cliente.

É neste contexto que surge o software SAM. O trabalho elaborado e descrito ao longo deste relatório, faz parte de uma das ações prioritárias em termos de projetos na fábrica de CACIA, que consiste na implementação do SAM nas linhas de montagem e maquinação. O projeto desenvolvido focou-se essencialmente na implementação deste software na linha 2 de montagem da bomba de óleo de cilindrada variável, tendo em vista a utilização da informação fornecida pela ferramenta, para ajudar no processo de melhoria da performance da linha.

Relativamente ao processo de implementação do SAM, é possível concluir que este foi bem-sucedido, bem como a posterior fase de otimização. A interação e comunicação entre os diferentes departamentos foram fatores chave para o sucesso destes dois pontos.

Com base na filosofia Lean, e indo ao encontro do *standard work*, foram criadas FOS de consulta, exploração e análise de dados fornecidos pelo SAM, algo que até então não existia. Estas serviram para ajudar a equipa de fabricação a trabalhar com o software, sendo que a utilização do fluxograma permitiu mapear todo o processo de extração e análise, de uma forma simples e intuitiva. Além disso, todo este trabalho de padronização desenvolvido, vai permitir que o processo de transversalização para outras linhas seja muito mais fácil.

Tendo a gestão visual um papel muito importante na eliminação de perdas nos processos produtivos, a utilização de um quadro de animação tornou-se fundamental, porque permitiu partilhar toda a informação extraída do SAM de uma forma organizada e acessível a todos. A utilização do ciclo PDCA como modelo base para o quadro, também foi um ponto

fulcral, dado ao dinamismo que esta ferramenta apresenta, essencial nos processos de melhoria continua.

A criação de reuniões semanais, com um grupo de trabalho constituído por elementos derivados de diferentes áreas, foi crucial para o sucesso das ações que foram sendo propostas. O facto de ter sido envolvida a equipa de fabricação (CUET, chefe de linha, operadores) neste processo de melhoria, permitiu que houvesse uma melhor perceção dos problemas e da forma como estes iam evoluindo com o decorrer das ações implementadas, uma vez que são eles quem melhor conhecem o terreno.

Em relação aos valores do rendimento operacional, foi visível uma evolução bastante significativa. Antes do software SAM ser implementado na linha o RO andava na casa dos 47%. A partir do momento em que começou a ser feito o seguimento semanal rigoroso, com base nos dados fornecidos pelo SAM, nos primeiros três meses houve logo uma subida de cerca de 17% no RO. No final do projeto o rendimento operacional atingiu os 82%, um pouco abaixo do objetivo de 85% estabelecido inicialmente. O facto de terem sido feitos alguns ajustes em termos de tempo de ciclo, poderão ter estado na origem desta pequena diferença de valores. Contudo a implementação do SAM aliada a uma monitorização constante dos dados fornecidos pelo mesmo, permitiu aumentar claramente a produtividade da linha.

Em suma, pode-se concluir que apesar do objetivo de atingir os 85% de RO não ter sido alcançado, a utilização dos dados fornecidos por um sistema de informação, aliado à aplicação de técnicas Lean e de melhoria continua, permitem aumentar a performance de uma linha de montagem.

5.2. Trabalhos Futuros

Como sugestões de trabalho futuro, seria importante continuar a capitalização de todo este trabalho de implementação, recolha, análise de dados e animação SAM para a globalidade das linhas equipadas com o *software*. Um processo que já começou a ser feito nas linhas de montagem do apoio cambota e do cone crabot, no entanto não foi possível concluir, devido ao tempo que é necessário despendar, para otimizar a ferramenta, de modo a que os dados fornecidos sejam os mais reais possíveis. Por outro lado, seria interessante colocar na linha da BOCV e posteriormente nas outras, uma televisão inserida com o SAM, para permitir aos operadores acompanhar o estado da linha em tempo real e deslocar-se mal

haja uma falha. Esta situação já acontece em outras fábricas do grupo sendo que os resultados têm sido bastante positivos.

5.3. Publicações resultantes deste trabalho

Com a realização deste projeto, foi possível a elaboração de um artigo publicado na conferência XXIV International Joint Conference on Industrial Engineering and Operations Management, Lisbon e ainda um capítulo de livro.

5.3.1. Artigos de conferência

[C1] Leonardo F. M. Lemos, Radu Godina, João C. O. Matias, "Implementation of a Software for the Optimization of an Oil Pump Assembly Line", in: Book/CD of Long Abstract of the XXIV International Joint Conference on Industrial Engineering and Operations Management, Lisbon, Portugal, July 18-20, 2018.

[CL1] Leonardo F. M. Lemos, Radu Godina, João C. O. Matias, "Implementation of a Software for the Optimization of an Oil Pump Assembly Line", in: Springer PROMS Edition, book title "Industrial Engineering and Operations Management" (Springer)(Accepted, in Press).

6. Referências

- Aguilar-Savén, R. S. (2004). Business process modelling: Review and framework. *International Journal of Production Economics*, 90(2), 129–149. [https://doi.org/10.1016/S0925-5273\(03\)00102-6](https://doi.org/10.1016/S0925-5273(03)00102-6)
- Alefari, M., Salonitis, K., & Xu, Y. (2017). The Role of Leadership in Implementing Lean Manufacturing. In *Procedia CIRP* (Vol. 63, pp. 756–761). UK: Elsevier. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2017.03.169>
- Alter, S. (1999a). Basic Concepts for Understanding Systems. In *Information Systems: A Management Perspective* (3rd ed., pp. 36–68). Addison-Wesley.
- Alter, S. (1999b). Communication Decision Making, and Different Types of Information Systems. In *Information Systems: A Management Perspective* (3rd ed., pp. 148–184). Addison-Wesley.
- Alter, S. (2008). Defining Information Systems as Work Systems: Implications for the IS Field. *European Journal of Information Systems*, 17(5), 448–469. Retrieved from <http://repository.usfca.edu/at>
- Arpit Jayswal, Chauhan, M. N. D., & Sen, R. (2017). A Literature Review on Lean Manufacturing Techniques. *International Journal of Advance Research Ideas and Innovations in Technology*, 3(2), 606–611. Retrieved from <https://www.ijariit.com/manuscripts/v3i2/V3I2-1360.pdf>
- Bamber, C. J., Castka, P., Sharp, J. M., & Motara, Y. (2003). Cross- functional team working for overall equipment effectiveness (OEE). *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, 9(3), 223–238. <https://doi.org/10.1108/13552510310493684>
- Beynon-Davies, P. (2002a). Information Systems. In *Information Systems: An Introduction to Informatics in Organisations* (pp. 59–71). Basingstoke: Palgrave Macmillan.
- Beynon-Davies, P. (2002b). Information Technology System. In *Information Systems: An Introduction to Informatics in Organisations* (pp. 158–170). Basingstoke: Palgrave Macmillan.

- Beynon-Davies, P. (2002c). Systems. In *Information Systems: An Introduction to Informatics in Organisations* (pp. 44–58). Basingstoke: Palgrave Macmillan.
- Blaga, P., & Boer, J. (2012). The Influence of Quality Tools in Human Resources Management. *Procedia Economics and Finance*, 3, 672–680. [https://doi.org/10.1016/S2212-5671\(12\)00213-4](https://doi.org/10.1016/S2212-5671(12)00213-4)
- Chan, C. O., & Tay, H. L. (2016). Combining lean tools application in kaizen: a field study on the printing industry. *International Journal of Productivity and Performance Management*, 67(1), 45–65. <https://doi.org/https://doi.org/10.1108/IJPPM-09-2016-0197> P
- Crute, V., Ward, Y., Brown, S., & Graves, A. (2003). Implementing Lean in aerospace - Challenging the assumptions and understanding the challenges. *Technovation*, 23(12), 917–928. [https://doi.org/10.1016/S0166-4972\(03\)00081-6](https://doi.org/10.1016/S0166-4972(03)00081-6)
- D'Antonio, G., Bedolla, J. S., & Chiabert, P. (2017). A Novel Methodology to Integrate Manufacturing Execution Systems with the Lean Manufacturing Approach. *Procedia Manufacturing*, 11, 2243–2251. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2017.07.372>
- Dal, B., Tugwell, P., & Greatbanks, R. (2000). Overall equipment effectiveness as a measure of operational improvement – A practical analysis. *International Journal of Operations & Production Management*, 20(12), 1488–1502. <https://doi.org/10.1108/01443570010355750>
- Das, B., Venkatadri, U., & Pandey, P. (2014). Applying lean manufacturing system to improving productivity of airconditioning coil manufacturing. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 71(1–4), 307–323. <https://doi.org/10.1007/s00170-013-5407-x>
- Dhingra, D. (2016). APPLICATION OF QUALITY CONTROL TOOLS IN A BICYCLE INDUSTRY: A CASE STUDY. *International Journal of Research in Engineering and Technology*, 5(7), 119–127. Retrieved from <http://esatjournals.net/ijret/2016v05/i07/IJRET20160507020.pdf>
- Dresch, A., Lacerda, D. P., & Miguel, P. A. C. (2015). A Distinctive Analysis of Case Study, Action Research and Design Science Research. *Revista Brasileira de Gestão de*

- Negócios*, 17(56), 1116–1133. <https://doi.org/10.7819/rbgn.v17i56.2069>
- Ferràs-Hernández, X., Tarrats-Pons, E., & Arimany-Serrat, N. (2017). Disruption in the automotive industry: A Cambrian moment. *Business Horizons*, 60(6), 855–863. <https://doi.org/10.1016/j.bushor.2017.07.011>
- Frandsen, A., & Tommelein, I. D. (2014). Development of a Takt-time Plan: A Case Study. *Construction Research Congress*, 1646–1655. <https://doi.org/https://doi.org/10.1061/9780784413517.1>
- Gupta, S., & Jain, S. K. (2013). A literature review of lean manufacturing. *International Journal of Management Science and Engineering Management*, 8(4), 241–249. <https://doi.org/10.1080/17509653.2013.825074>
- Gupta, S., & Jain, S. K. (2014). The 5S and kaizen concept for overall improvement of the organisation: a case study. *International Journal of Lean Enterprise Research*, 1(1), 22. <https://doi.org/10.1504/IJLER.2014.062280>
- Huang, S. H., Dismukes, J. P., Shi, J., Su, Q., Wang, G., Razzak, M. A., & Robinson, D. E. (2002). Manufacturing system modeling for productivity improvement. *Journal of Manufacturing Systems*, 21(4), 249–259. [https://doi.org/10.1016/S0278-6125\(02\)80165-0](https://doi.org/10.1016/S0278-6125(02)80165-0)
- Imai, M. (1986). KAIZEN, The Concept. In *Kaizen: The Key to Japan's Competitive Success* (pp. 1–22). New York: McGraw-Hill.
- Jagusiak-kocik, M. (2017). PDCA cycle as a part of continuous improvement in the production company - a case study. *Production Engineering Archives*, 14, 19–22.
- Jeong, K., & Phillips, D. T. (2001). Operational efficiency and effectiveness measurement. *International Journal of Operations & Production Management*, 21(11), 1404–1416. <https://doi.org/10.1108/EUM00000000006223>
- Jonsson, P., & Lesshammar, M. (1999). Evaluation and improvement of manufacturing performance measurement systems – the role of OEE. *International Journal of Operations & Production Management*, 19(1), 55–78. <https://doi.org/10.1108/01443579910244223>

- Kashif Mahmood, Tauno Otto, Eduard Shevtshenko, & Tatjana Karaulova. (2016). Performance Evaluation By Using Overall Equipment Effectiveness (OEE): An Analyzing tool. In *International Conference on Innovative Technologies*. Prague. Retrieved from https://www.researchgate.net/publication/307991605_Performance_Evaluation_By_Using_Overall_Equipment_Effectiveness_OEE_An_Analyzing_tool
- Khanna, V. K., & Shankar, R. (2008). Journey to implement Toyota production system – a case study. *Journal of Advances in Management Research*, 5(1), 80–88. <https://doi.org/10.1108/97279810880001269>
- Kumar Gupta, A., & Garg, R. K. (2012). OEE Improvement by TPM Implementation: A Case Study. *International Journal of IT, Engineering and Applied Sciences Research*, 1(1), 115–124. Retrieved from <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/summary?doi=10.1.1.403.5755>
- Lahri, V., & Pathak, P. (2015). A Case Study of Implementation of Overall Equipment Effectiveness on CNC Table type boring & milling machine of a Heavy Machinery Manufacturing Industry. *IOSR Journal of Mechanical and Civil Engineering*, 12(5), 63–70. <https://doi.org/10.9790/1684-12556370>
- Lai, S.-Y., Tsai, C.-H., Wei, L.-Y., Li, R.-K., & Lu, M.-J. (2015). The Dilemma of Toyota Production System Implementation: A Case Study of Taiwan Machine Tool Industries. *International Journal of Academic Research in Accounting, Finance and Management Sciences*, 5(1), 1–12. <https://doi.org/10.6007/IJARAFMS/v4-i4/1401>
- Laudon, K., & Laudon, J. P. (2013). Organizations, Management, and the Networked Enterprise. In *Management Information Systems, Global Edition* (13th ed., pp. 31–69). Pearson.
- Legris, P., Ingham, J., & Colletette, P. (2003). Why do people use information technology? A critical review of the technology acceptance model. *Information & Management*, 40(3), 191–204. [https://doi.org/10.1016/S0378-7206\(01\)00143-4](https://doi.org/10.1016/S0378-7206(01)00143-4)
- Ljungberg, Ö. (1998). Measurement of overall equipment effectiveness as a basis for TPM activities. *International Journal of Operations & Production Management*, 18(5), 495–507. <https://doi.org/10.1108/01443579810206334>

- Lodgaard, E., & Aasland, K. E. (2011). An examination of the application of plan-do-check-act cycle in product development (Vol. 10, pp. 47–55). Proceedings of the 18th international conference on engineering design (ICED11).
- Macpherson, W. G., Lockhart, J. C., Kavan, H., & Iaquinto, A. L. (2015). Kaizen: a Japanese philosophy and system for business excellence. *Journal of Business Strategy*, 36(5), 3–9. <https://doi.org/10.1108/JBS-07-2014-0083>
- Magar, V. M., & Shinde, V. B. (2014). Application of 7 Quality Control (7 QC) Tools for Continuous Improvement of Manufacturing Processes. *International Journal of Engineering Research and General Science*, 2(4), 364–371. <https://doi.org/10.1109/MS.2008.129>
- Majava, J., & Ojanperä, T. (2017). Lean Production Development in SMEs: A Case Study. *Management and Production Engineering Review*, 8(2), 41–48. <https://doi.org/10.1515/mper-2017-0016>
- Marshall, D. A. (2015). Classifying Lean Production: A Review of Empirical Research. *International Journal of Supply Chain Management*, 4(4), 71–81. Retrieved from <http://ojs.excelingtech.co.uk/index.php/IJSCM/article/view/1132>
- Miller, G., Pawloski, J., & Standridge, C. (2010). A case study of lean, sustainable manufacturing. *Journal of Industrial Engineering and Management*, 3(1), 11–32. <https://doi.org/10.3926/jiem.2010.v3n1.p11-32>
- Mohamed, N., Mahadi, B., Miskon, S., & Haghshenas, H. (2013). Information System Integration : A Review of Literature and a Case Analysis. *Mathematics and Computers in Contemporary Science*, 68–77. Retrieved from https://www.researchgate.net/publication/260986605_Information_System_Integration_A_Review_of_Literature_and_a_Case_Analysis
- Morgan, J. M., & Liker, J. K. (2006). *The Toyota product development system: Integrating People, Process, and Technology. Machine Design* (Vol. 76). New York: Productivity Press.
- Ng, K. C., Chong, K. E., & Goh, G. G. G. (2014). Improving Overall Equipment Effectiveness

- (OEE) through the six sigma methodology in a semiconductor firm: A case study. In *IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management* (Vol. 2015–Janua, pp. 833–837). IEEE. <https://doi.org/10.1109/IEEM.2014.7058755>
- O'Brien, J. (1999a). Fundamentals of Information Systems. In *Management Information Systems: a Managing Information Technology in the Internetworked Enterprise* (pp. 36–75). Irwin/McGraw-Hill.
- O'Brien, J. (1999b). Introduction to Information Systems in Business. In *Management Information Systems: a Managing Information Technology in the Internetworked Enterprise* (pp. 4–35). Irwin/McGraw-Hill.
- Oropesa Vento, M., García Alcaraz, J. L., Maldonado Macías, A. A., & Martínez Loya, V. (2016). The impact of managerial commitment and Kaizen benefits on companies. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 27(5), 692–712. <https://doi.org/10.1108/JMTM-02-2016-0021>
- Palmer, V. S. (2001). Inventory management Kaizen. In *Proceedings - 2nd International Workshop on Engineering Management for Applied Technology, EMAT 2001* (pp. 55–56). IEEE Comput. Soc. <https://doi.org/10.1109/EMAT.2001.991311>
- Paul, R. J. (2007). Challenges to information systems: Time to change. *European Journal of Information Systems*, 16(3), 193–195. <https://doi.org/10.1057/palgrave.ejis.3000681>
- Paul Brunet, A., & New, S. (2003). Kaizen in Japan: an empirical study. *International Journal of Operations & Production Management*, 23(6), 1426–1446. Retrieved from <https://doi.org/10.1108/01443570310506704>
- Pereira, A., Abreu, M. F., Silva, D., Alves, A. C., Oliveira, J. A., Lopes, I., & Figueiredo, M. C. (2016). Reconfigurable Standardized Work in a Lean Company - A Case Study. In *Procedia CIRP* (Vol. 52, pp. 239–244). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2016.07.019>
- Pintelon, L. M.-Y. A., & Muchiri, P. N. (2008). Performance measurement using overall equipment effectiveness (OEE): Literature review and practical application discussion. *International Journal of Production Research*, 46(13), 3517–3535.

<https://doi.org/10.1080/00207540601142645>>

- Proši, S. (2011). Kaizen management philosophy. *I International Symposium Engineering Management And Competitiveness 2011*, 173–178. Retrieved from http://www.tfzr.uns.ac.rs/emc/emc2011/Files/B_08.pdf
- Radović, N. (2017). KAIZEN COSTING IN SERBIAN SMEs: A CASE STUDY OF PERFORM Ltd. *International Scientific Conference*, 24–31. Retrieved from http://sed.vpts.edu.rs/CD_Proceedings_2017/proceedings/8-4.pdf
- Rahman, N. A. A., Sharif, S. M., & Esa, M. M. (2013). Lean Manufacturing Case Study with Kanban System Implementation. *Procedia Economics and Finance*, 7, 174–180. [https://doi.org/10.1016/S2212-5671\(13\)00232-3](https://doi.org/10.1016/S2212-5671(13)00232-3)
- Ratapol Wudhikarn. (2013). A Framework for Integrating Overall Equipment Effectiveness with Analytic Network Process Method. *International Journal of Innovation, Management and Technology*, 4(3), 351–355. <https://doi.org/10.7763/IJIMT.2013.V4.420>
- Reid, R. A., Koljonen, E. L., & Bruce Buell, J. (1999). The deming cycle provides a framework for managing environmentally responsible process improvements. *Quality Engineering*, 12(2), 199–209. <https://doi.org/10.1080/08982119908962577>
- Ren, M.-M., Ling, N., Wei, X., & Fan, S.-H. (2015). The Application of PDCA Cycle Management in Project Management. In *2015 International Conference on Computer Science and Applications (CSA)* (pp. 268–272). IEEE. <https://doi.org/10.1109/CSA.2015.84>
- Schloßer, A., Schnitzler, J., Sentis, T., & Richenhagen, J. (2016). Agile processes in automotive industry – Efficiency and quality in software development. In *16. Internationales Stuttgarter Symposium* (pp. 489–503). Springer, Wiesbaden. https://doi.org/10.1007/978-3-658-13255-2_35
- Seethamraju, R., & Marjanovic, O. (2009). Role of process knowledge in business process improvement methodology: a case study. *Business Process Management Journal*, 15(6), 920–936. <https://doi.org/10.1108/14637150911003784>
- Serrano, A., Caldeira, M., & Guerreiro, A. (2004). Introdução. In FCA (Ed.), *Sistemas de*

Informação: Gestão de Sistemas e Tecnologias de Informação (pp. 1–33). Lidel.

Simboli, A., Taddeo, R., & Morgante, A. (2014). Value and Wastes in Manufacturing. An Overview and a New Perspective Based on Eco-Efficiency. *Administrative Sciences*, 4, 173–191. <https://doi.org/doi:10.3390/admsci4030173>

Singh, J., & Singh, H. (2009). Kaizen Philosophy: A Review of Literature. *ICFAI Journal of Operations Management*, 8(2), 51–72. Retrieved from <http://docshare01.docshare.tips/files/22400/224003268.pdf>

Sokovi, M., Jovanovi, J., Krivokapi, Z., & Vujovi, A. (2009). Basic quality tools in continuous improvement process. *Journal of Mechanical Engineering*, 55(5), 1–9. Retrieved from <https://pdfs.semanticscholar.org/f098/ee5b0595f1ee4de3f64a6583fa64307076f6.pdf>

Souza, C. De, Souza, L. De, Migowski, S., & Duarte, F. D. (2013). Visual management in manufacturing companies : case study in brazilian market. In *Semana de la Ingeniería de Producción Sudamericana* (pp. 1–8). Brasil.

Steenkamp, L. P., Hagedorn-Hansen, D., & Oosthuizen, G. A. (2017). Visual Management System to Manage Manufacturing Resources. *Procedia Manufacturing*, 8, 455–462. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2017.02.058>

Tan, Y., Zhang, Y., & Khodaverdi, R. (2017). Service performance evaluation using data envelopment analysis and balance scorecard approach: an application to automotive industry. *Annals of Operations Research*, 248(1–2), 449–470. <https://doi.org/10.1007/s10479-016-2196-2>

Tezel, B. A., Koskela, L. J., & Tzortzopoulos, P. (2009). The functions of visual management. In *International Research Symposium* (pp. 201–219). Manchester, UK. Retrieved from <http://usir.salford.ac.uk/10883/>

Tsarouhas, P. (2007). Implementation of total productive maintenance in food industry: a case study. *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, 13(1), 5–18. <https://doi.org/10.1108/13552510710735087>

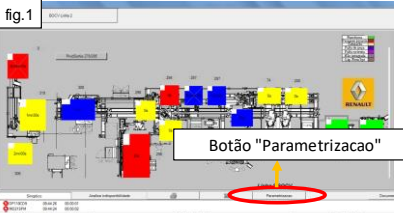
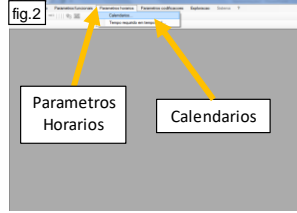
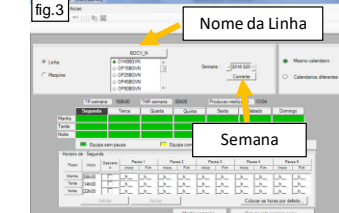
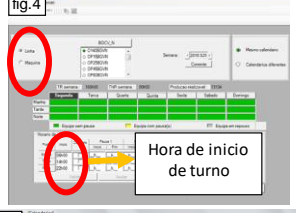
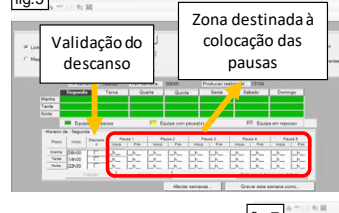
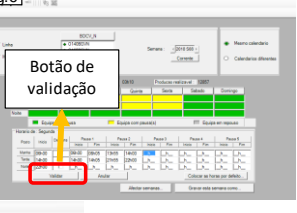
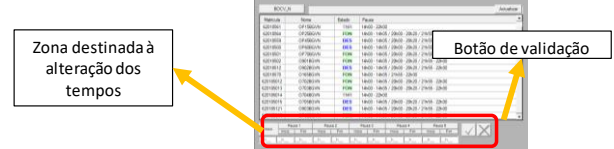
Zhu, X. (2011). Analysis and improvement of enterprise's equipment effectiveness based on

OEE. In *2011 International Conference on Electronics, Communications and Control, ICECC 2011 - Proceedings* (pp. 4167–4171). IEEE.
<https://doi.org/10.1109/ICECC.2011.6067706>

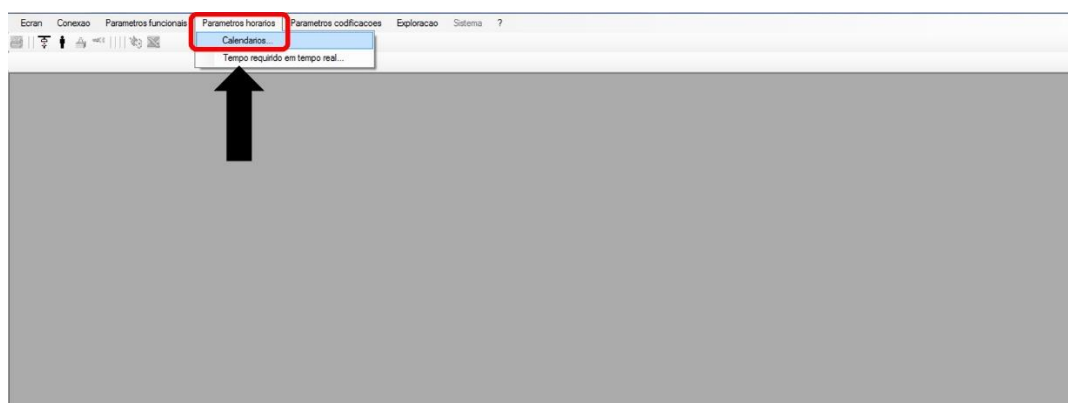
7. Anexos

Anexo A – FOS Calendarização SAM

Nº de FOP:		FOS	Tempo de Aprendizagem	3h	Folha de Operação Standard										Pag. 1/1								
Nome do processo (Nome da operação)	Calendarização SAM				(PROCEDIMENTO)										N	1	2	3	4	5	6	7	8
Equipamento de segurança / Proteção individual					Tempo total	810 cmin	Data de modificação				13-03-2018												
Ferramentas utilizadas	Computador				Autorizações e/ou Qualificações	Acesso ao SAM e aos calendários Formação Consultar Dados	CA																
							CUET																

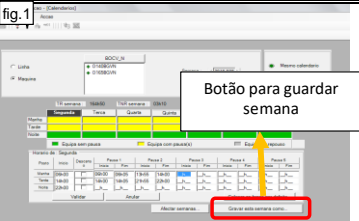
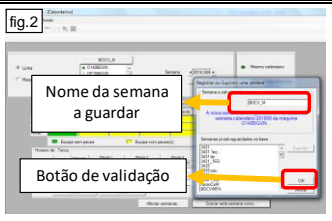
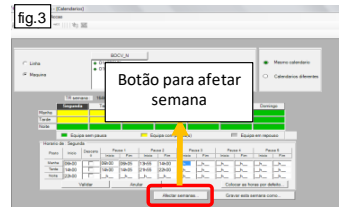
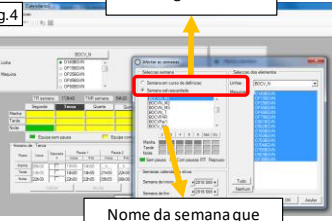
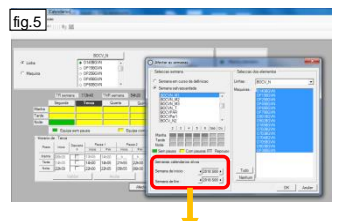
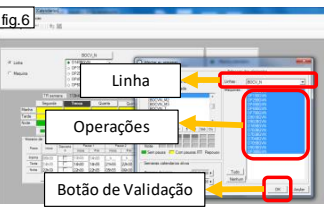
Nº	Etapa Principal	Tempo	Ponto Chave (Razão do ponto chave)	Desenhos explicativos. Regras operacionais e outros.
1	No menu inicial do SAM (Sinoptico ou Análise de indisponibilidade) clicar no retângulo que diz "Parametrização". (fig1)	90 cmin		fig.1 
2	Clicar em "Parametros horarios" e de seguida em "Calendarios". (fig2)	90 cmin		fig.2 
3	Selecionar qual a linha que pretendemos afetar a a semana (fig3)	90 cmin		fig.3 
4	Escolher se pretende afetar a linha toda, um conjunto de máquinas ou então uma máquina individualmente e se não estiverem estabelecidos os horários de inicio de cada turno é necessário defini-los (fig4)	90 cmin		fig.4 
5	Colocar todos os tempos destinados às pausas (A) e caso uma equipa(s) esteja em descanso é necessário validar no respetivo quadrado (fig5)*	90 cmin	(A) as pausas têm que estar obrigatoriamente por ordem cronológica e têm de ser colocadas antes do inicio de turno cada	fig.5 
6	Se alguma alteração for feita no calendário é necessário clicar no botão "Validar" para ficar salvaguardado (fig6)	90 cmin		fig.6 
7	Caso seja necessário fazer uma alteração no calendário em tempo real, no ponto 2 ao invés de clicarmos em "Calendarios" clicamos em "Tempo requerido em tempo real"	90 cmin		
8	Selecionamos a linha que pretendemos afetar e a operação/operações	90 cmin		
9	Alterar os tempos definidos e caso seja feita alguma modificação é necessário validar (fig7)	90 cmin		fig.7 
Outras informações pertinentes		TOTAL	810 cmin	
(O que é interdito e porquê / O que fazer em caso de anomalia / Outros) * Esta etapa poderá ser feita a partir de uma semana salvaguardada sem haver a necessidade de andar a reprogramar turno por turno (FOS Programar/Selecionar Calendário Tipo)				

Anexo B – Etapas de elaboração dos calendários no SAM



Anexo C – FOS Elaboração e utilização de um calendário tipo

Nº de FOP:		FOS 3290-SAM-05		Tempo de Aprendizagem	3h	Folha de Operação Standard										Pag. 1/1														
Nome do processo (Nome da operação)		Programar/Selecionar Calendário Tipo														(PROCEDIMENTO)		Data de modificação		13-03-2018		N		1		2		3		4
Equipamento de segurança / Proteção individual						Tempo total	700 cmin		CA																					
Ferramentas utilizadas		Computador				Autorizações e/ou Qualificações	Acesso ao SAM e aos calendários Formação Consultar Dados		CUET																					

Nº	Etapa Principal	Tempo	Ponto Chave (Razão do ponto chave)	Desenhos explicativos. Regras operacionais e outros.
1	Definir uma semana tipo estabelecendo todos os horários de pausa e de descanso para cada turno	100:cmin		fig.1 
2	Após serem colocados todos os tempos de pausa clicar no botão "Gravar esta semana como" (fig1)	100:cmin		
3	Definir um nome para a semana a salvar e de seguida clicar em "Ok" (fig2)	100:cmin		fig.2 
4	Para utilizar a semana criada é necessário clicar em "Afectar semanas" (fig3)	100:cmin		fig.3 
5	Selecionar o ponto que diz "semana salvaguardada" e escolher o nome da semana que pretendemos utilizar (fig4)	100:cmin		fig.4 
6	Escolher a semana/semanas que pretendemos afetar (fig5)	100:cmin		fig.5 
7	Selecionar a linha que pretendemos afetar e as respetivas operação/operações e por fim clicar no "Ok" para validar as alterações feitas (fig6)	100:cmin		fig.6 
Outras informações pertinentes (O que é interdito e porquê / O que fazer em caso de anomalia / Outros)		TOTAL	700 cmin	

Anexo D – Tabela otimização da designação dos defeitos

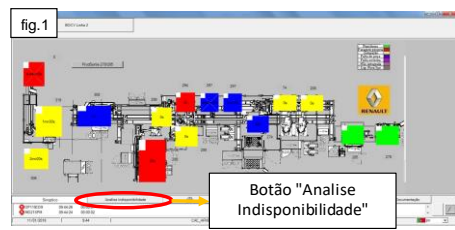
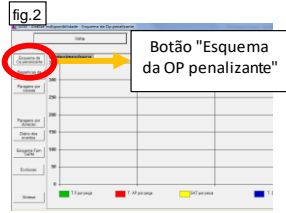
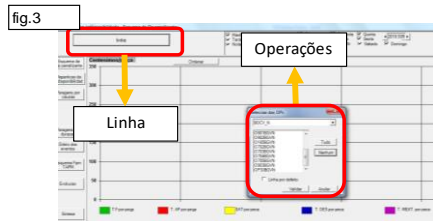
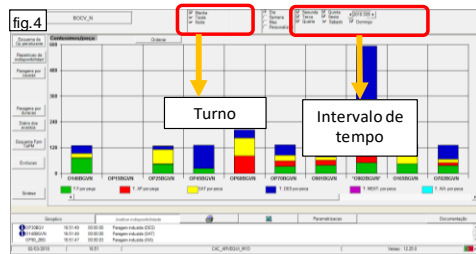
Operação	Código	Designação	Nova Designação
OP 15	15	Hartbeat	Defeito de comunicação do Servidor
OP 25	178	T Drive em Defeito	Drive do Posicionador em Defeito
OP 30	131	Prensa DSM em defeito	Prensa DSM de montagem do tampão em defeito
OP 60	37	C124 EV Cilindro Pinça Lubrificação	C124 EV Cilindro Pinça Abertura e Fecho
	114	Prensa DSM em defeito	Prensa DSM Rotor no eixo em defeito
	20	C106 EV Cilindro elevação de tapete de saída	C106 EV Cilindro Pinça Elevação eixo
OP 70.1	18	Porta Aberta	Porta da frente Aberta
	50	Defeito de elevador de palete	Defeito de elevador de palete / Indexação
	146	Pórtico Fora de Origem	Pórtico do Anel Fora de Origem
	261	Defeito de colocação das palhetas	Defeito de colocação das palhetas na gaveta
OP 70.3	53	Defeito de deslocação ZZ pinça OP 70.3	Defeito de deslocação vertical pinça OP 70.3
	55	Defeito de cilindro barreira de anilhas op70.3	Defeito de cilindro separador de anilhas op70.3
	148	Drive do agitador em defeito	Drive do agitador em defeito / Bombas Presas
OP 70.5	23	Comutador Robot Fora de Serviço	Comutador Posto Fora de Serviço
OP 90.1	73	Defeito cilindro seletor parafuso OP 90.1	Parafuso encravado no alimentador
	166	OP 90.1 Eixo não esta na origem	Aparafusadora não esta na origem
OP 145	10	Tooling Error Code	Ferramenta não conforme ao pedido
	11	Erro de comunicação Barcode	Erro de comunicação com o servidor

Anexo E – FOS Consulta esquema da OP Penalizante SAM

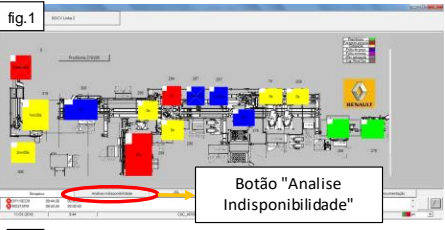
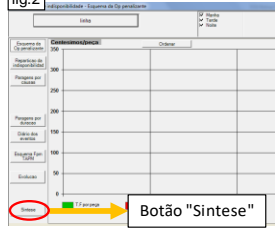
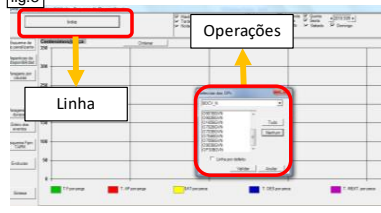
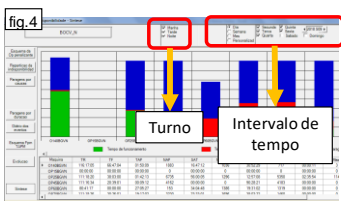
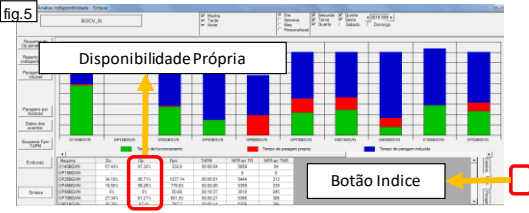
Nº de FOP: FOS 3290-SAM-01 Tempo de Aprendizagem 3h

Folha de Operação Standard

Pag. 1/1

Nome do processo (Nome da operação)		Tempo total		Data de modificação		N	1	2	3	4	5	6	7	8
Consultar Esquema OP Penalizante		400 cmin		13-03-2018										
Equipamento de segurança / Proteção individual		Autorizações e/ou Qualificações		Acesso ao SAM		CA								
Ferramentas utilizadas		Computador		Formação Consultar Dados		CUET								
Nº	Etapa Principal	Tempo	Ponto Chave (Razão do ponto chave)	Desenhos explicativos. Regras operacionais e outros.										
1	No sinoptico do SAM clicar "Análise de indisponibilidade" (fig1)	100:cmin												
2	Caso ainda não esteja na página clicar no botão "Esquema da OP penalizante" (fig.2)	100:cmin												
3	Selecionar a linha que pretendemos consultar e de seguida as OP/Máquinas das quais desejamos realizar a visualização (fig3)	100:cmin												
4	Escolher o intervalo de tempo que pretendemos visualizar (dia, semana, mês ou personalizado) bem como o respetivo turno/tornos (fig4)	100:cmin												
Outras informações pertinentes (O que é interdito e porquê / O que fazer em caso de anomalia / Outros)		TOTAL	400	  										

Anexo F – FOS Consulta disponibilidade própria SAM

Nº de FOP:		FOS 3290-SAM-02		Tempo de Aprendizagem		3h		Folha de Operação Standard										Pag. 1/1											
Nome do processo (Nome da operação)		Consultar Disponibilidade Própria				(PROCEDIMENTO)		Data de modificação		13-03-2018		N		1		2		3		4		5		6		7		8	
Equipamento de segurança / Proteção individual						Tempo total		460 cmin		CA																			
Ferramentas utilizadas		Computador				Autorizações e/ou Qualificações		Acesso ao SAM		CUET																			
								Formação Consultar Dados																					
Nº	Etapa Principal	Tempo	Ponto Chave (Razão do ponto chave)	Desenhos explicativos. Regras operacionais e outros.																									
1	No sinoptico do SAM clicar "Análise de indisponibilidade" (fig1)	92:cmin		fig.1 																									
2	Clicar no botão "Síntese" (fig2)	92:cmin		fig.2 																									
3	Selecionar a linha que pretendemos consultar e de seguida as OP/Máquinas das quais desejamos realizar a visualização (fig3)	92:cmin		fig.3 																									
4	Escolher o intervalo de tempo que pretendemos visualizar (dia, semana, mês ou personalizado) bem como o respetivo turno/turnos (fig4)	92:cmin		fig.4 																									
5	Por fim clicamos no separador que se encontra no canto inferior direito e que diz índice e teremos de imediato acesso à disponibilidade própria (DP) (fig5)	92:cmin		fig.5 																									
Outras informações pertinentes (O que é interdito e porquê / O que fazer em caso de anomalia / Outros)		TOTAL	460 cmin																										

Anexo G – FOS Consulta gráfico parâmetros por causas SAM

N° de FOP:

FOS 3290-SAM-04

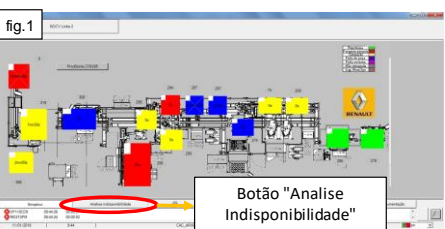
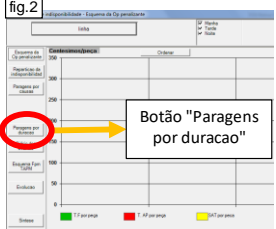
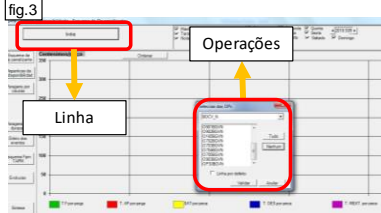
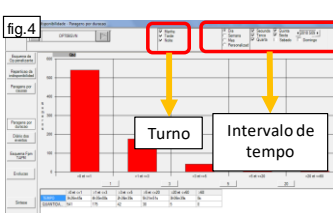
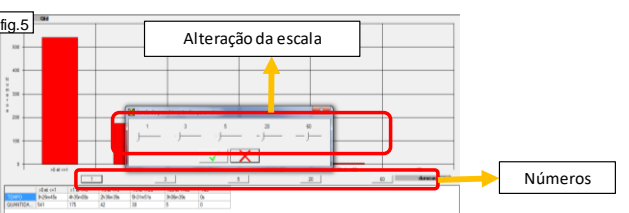
Tempo de Aprendizagem	3h
-----------------------	----

Folha de Operação Standard

Pag. 1/1

[illegible]

Anexo H – FOS Consulta gráfico paragens por duração SAM

Nº de FOP:		FOS 3290-SAM-03		Tempo de Aprendizagem		3h		Pag. 1/1													
Nome do processo (Nome da operação)				Consultar Paragens por Duração				(PROCEDIMENTO)		Data de modificação		13-03-2018									
Equipamento de segurança / Proteção individual								Tempo total		460 cmin		CA									
Ferramentas utilizadas				Computador				Autorizações e/ou Qualificações		Acesso ao SAM		CUET									
								Formação Consultar Dados													
Nº	Etapa Principal	Tempo	Ponto Chave (Razão do ponto chave)	Desenhos explicativos. Regras operacionais e outros.																	
1	No sinoptico do SAM clicar "Análise de indisponibilidade" (fig1)	92:cmin																			
2	Clicar no botão "Paragens por duracao" (fig2)	92:cmin																			
3	Selecionar a linha que pretendemos consultar e de seguida as OP/Máquinas das quais desejamos realizar a visualização (fig3)	92:cmin																			
4	Escolher o intervalo de tempo que pretendemos visualizar (dia, semana, mês ou personalizado) bem como o respetivo turno/tornos (fig4)	92:cmin																			
5	É possível alterar a escala de duração das paragens. Para isso basta clicar nos retângulos com os números que se encontram a baixo das barras e depois é necessário definir a nova escala que se pretende visualizar (fig5)	92:cmin																			
Outras informações pertinentes (O que é interdito e porquê / O que fazer em caso de anomalia / Outros)		TOTAL	460 cmin																		

Anexo I – FOS Animação SAM

Folha de Operação Standard (SINÓTICO)		N	1	2	3	4	5	6	7	
Data de modificação		13-03-2018								
Pontos modificados										
Nome do processo: Animação SAM		Verificado por:	CA							
			CUET	A						
				B						
				C						
				D						
	E									

SINÓTICO	CRITÉRIOS DE AVALIAÇÃO	COMENTÁRIOS
<pre> graph TD Inicio([Início]) --> VerFOS1[Ver a FOS Consultar Esquema OP Penalizante] VerFOS1 --> ExtrGr1[Extrair Gráfico Esquema OP Penalizante] ExtrGr1 --> Ident1[Identificar 2 Operações mais penalizantes (>TAP)] Ident1 --> Dec1{Operações identificadas ?} Dec1 -- Não --> Ident1 Dec1 -- Sim --> VerFOS2[Ver a FOS Consultar Disponibilidade Própria] VerFOS2 --> ExtrGr2[Extrair disponibilidade própria semanal] ExtrGr2 --> ElaborGr[Elaborar gráfico disponibilidade própria Tratamento Excel] ElaborGr --> Ident2[Identificar operações com disponibilidade própria mais baixa] Ident2 --> Compar[Comparar com as identificadas anteriormente] Compar --> Dec2{OP Penalizantes coincidentes ?} Dec2 -- Não --> Ident1 Dec2 -- Sim --> VerFOS3[Ver a FOS Consultar Paragens por Causas] </pre> <p>Ver a FOS "Consultar Paragens por Causas"</p> <p>Extrair gráfico "paragens por causas" das OP Penalizantes + máquina tampão</p> <p>Ver a FOS "Consultar Paragens por Duração"</p> <p>Extrair o gráfico "paragens por duração" das OP penalizantes</p> <p>Elaborar o TOP 3 de ações conforme TOP 3 problemas</p> <p>Acrescentar ações à LUP</p> <p>Elaborar gráfico da evolução semanal da disponibilidade própria das OP Penalizantes (Tratamento Excel)</p> <p>Fim</p> <p>Tempo objetivo : 4500cmin</p>		